CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS ALIMENTOS

Editora Poisson

VOLUME 14

Editora Poisson

Ciência e Tecnologia dos Alimentos
Volume 14

1ª Edição

Belo Horizonte
Poisson
2022

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial
Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais
Msc. Davilson Eduardo Andrade
Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas
Msc. Fabiane dos Santos
Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC
Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy
Msc. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569
Ciência e Tecnologia dos Alimentos – Volume 14/ Organização: Editora Poisson – Belo Horizonte - MG: Editora Poisson - 2022

Formato: PDF
ISBN: 978-65-5866-209-9
DOI: 10.36229/978-65-5866-209-9

Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia

1. Tecnologia de Alimentos 2. Alimentos 3. Nutrição I. Título

CDD-664.005

Sônia Márcia Soares de Moura – CRB 6/1896

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.
Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterada.

www.poisson.com.br

contato@poisson.com.br

SUMÁRIO

Capítulo 1: Aquisição de produtos da agricultura familiar e melhoria da qualidade da alimentação escolar 07

Cristiane Silva Rodrigues Staffen, Fernanda Hart Weber, Bárbara Clasen, Danni Maísa da Silva, Ramiro Pereira Bisognin, Matheus Yuri de Oliveira Rosa

DOI: 10.36229/978-65-5866-209-9.CAP.01

Capítulo 2: Estudo prospectivo da cadeia produtiva de alimentos vegetarianos à base de coco e chia 13

Flávia Luiza Araújo Tavares da Silva, Taís Letícia de Oliveira Santos, Maria Adélia Rodrigues Sá de Oliveira, Andrea Gomes da Silva, João Antônio Belmino dos Santos, Patrícia Beltrão Lessa Constant

DOI: 10.36229/978-65-5866-209-9.CAP.02

Capítulo 3: Taioba: Uma PANC sub explorada 21

Talison Bruno Lima dos Santos, Josilana Rodrigues Pantoja, Letícia Flávia de Oliveira Borges, Fábio José Rabelo Rodrigues Rosa, Igor Pereira de Melo dos Santos, Samanta de Paula de Almeida Duarte, Yasmin Silva Lemos, Orquídea Vasconcelos Santos

DOI: 10.36229/978-65-5866-209-9.CAP.03

Capítulo 4: As propriedades nutricionais e funcionais do açaí branco (*Euterpe oleracea* Mart.): Uma Visão Comparativa 33

Camilly Emanuela do Nascimento Santos, Claudio Henrique Fonseca de Lima, Isabela Leyana Lameira Rolim, Klivia Martins Campos, Maria Victória Sena de Almeida Pereira, Pâmela Nascimento Knaul, Yasmin Silva Lemos, Samanta de Paula de Almeida Duarte, Orquídea Vasconcelos dos Santos

DOI: 10.36229/978-65-5866-209-9.CAP.04

Capítulo 5: Proteínas e fibras em pão elaborado com mix de farinha de trigo e inhame 45

Eliana Maria de Mira do Couto, Raquel Coldibelli Ribeiro, Oswaldo Kameyama

DOI: 10.36229/978-65-5866-209-9.CAP.05

Capítulo 6: Aplicações do *okara* na alimentação humana e valoração através de modificações estruturais 48

Neusa Fátima Seibel, Andrielly Rosa de Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-209-9.CAP.06

SUMÁRIO

Capítulo 7: Liofilização da polpa de cajá com adição de cultura probiótica 60

Juliana Tatiaia de Morais Dias, Thais Jaciane Araujo Rodrigues, Aline Pacheco Albuquerque, Douglas Vinicius Pinheiro de Figueiredo, Fabrícia Santos Andrade, Ana Paula Trindade Rocha

DOI: 10.36229/978-65-5866-209-9.CAP.07

Capítulo 8: Identificação de pontos de controle e pontos críticos de controle no processamento do queijo mussarela 71

Naiara Menezes Bezerra, Uliana Karina Lopes de Medeiros

DOI: 10.36229/978-65-5866-209-9.CAP.08

Capítulo 9: Implantação de ferramentas de qualidade no setor de frutas, legumes e verduras minimamente processados em um supermercado varejista 79

Grazielle Louise Ribeiro de Oliveira, Pahlevi Augusto de Souza

DOI: 10.36229/978-65-5866-209-9.CAP.09

Capítulo 10: Revisão da literatura e desenvolvimento de oleogéis à base de azeite de oliva estruturados por monoestearato de sorbitana..... 86

Érica Almeida de Vasconcellos, Inayara Ribeiro da Silva, Victoria Alvarez Matheus, Vitoria Ribeiro de Oliveira, Candice Soares Dias, Valéria Terra Crexi

DOI: 10.36229/978-65-5866-209-9.CAP.10

Capítulo 11: Avaliação do efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de maracujá (*Passiflora edulis*)..... 97

Maurício Rigo, José Raniere Mazile Vidal Bezerra, Ângela Moraes Teixeira, Flavia Jaqueline Kitcky de Deus, Tamara Karam da Silva

DOI: 10.36229/978-65-5866-209-9.CAP.11

Capítulo 12: Avaliação da influência dos parâmetros de secagem na análise de umidade por micro-ondas..... 106

Carina Faccio, Eduardo Huber, Tais Pohlmann, Marcelli Powzum Amorim, Cristiane Fagundes, Vanessa Biasi

DOI: 10.36229/978-65-5866-209-9.CAP.12

Capítulo 13: Linguiça toscana com adição de pimenta-rosa e redução de sódio..... 118

Aline Finatto Alves, Caroline dos Santos Giuliani, Dejanir Pissinin, Suzane Bevilacqua Marcuzzo, Vanessa Pires da Rosa, Andréia Cirolini

DOI: 10.36229/978-65-5866-209-9.CAP.13

SUMÁRIO

Capítulo 14: A utilização de fator de conversão de nitrôgenio para proteínas em microalgas: Uma revisão..... 124

Kassandra Fontoura da Silva, Graciela Salete Centenaro, Roger Wagner, Valcenir Júnior Mendes Frulan

DOI: 10.36229/978-65-5866-209-9.CAP.14

Capítulo 15: Revisão: Compostos fenólicos e métodos de determinação da atividade antioxidante em extratos vegetais..... 141

Valesca Kotovicz, Yara Chayen Almeida do Nascimento, Michele Cristiane Mesomo Bombardelli

DOI: 10.36229/978-65-5866-209-9.CAP.15

Autores:..... 147

Capítulo 1

Aquisição de produtos da agricultura familiar e melhoria da qualidade da alimentação escolar

Cristiane Silva Rodrigues Staffen
Fernanda Hart Weber
Bárbara Clasen
Danni Maísa da Silva
Ramiro Pereira Bisognin
Matheus Yuri de Oliveira Rosa

Resumo: Os investimentos em políticas públicas de incentivo à alimentação de qualidade, por meio da utilização de alimentos orgânicos e regionais, são ações muito importantes em se tratando do ambiente escolar. Dentro deste cenário, o presente trabalho identifica os maiores desafios encontrados por nutricionistas referentes à compra de gêneros alimentícios direto da Agricultura Familiar para utillização na merenda escolar. O estudo foi desenvolvido no período de abril a junho de 2014, sendo enviados, às nutricionistas atuantes nos municípios da Região Celeiro, no Estado do Rio Grande do Sul, questionários com questões padronizadas relacionadas à compra de alimentos. Dos onze municípios estudados, cerca de 88% utiliza o modo informal para compra e aquisição de alimentos oriundos da agricultura familiar, atingindo a porcentagem mínima (30%) na compra de produtos da agricultura familiar, conforme dispõe a Lei 11.947/2009. Além disso, todos relataram algum tipo de dificuldade na hora da compra, como a falta de inspeção para alguns produtos e a falta de organização por parte dos agricultores ainda são os maiores desafios.

Palavras-chave: Segurança alimentar, Agricultura Familiar, Merenda Escolar.

1. INTRODUÇÃO

O uso de gêneros alimentícios básicos, livres de agrotóxicos, típicos da produção familiar, no decorrer dos últimos anos, foi tema de debates e discussões que propiciaram a construção de pontes entre a alimentação escolar e a Agricultura Familiar no Brasil. Este assunto vem se destacando na academia (BREITENBACH; PARIZOTTO; TROIAN, 2020; TROIAN *et al*., 2020; BUENO *et al*., 2021) e no âmbito das políticas públicas (BRASIL, 2009), ganhando força entre os colaboradores que, ao levar alimentos saúdaveis e de qualidade, produzidos e cultivados regionalmente, assumem um espaço importante dentro das escolas.

O Guia Alimentar para a População Brasileira, elaborado pelo Ministério da Saúde, em 2008, destaca a importância do consumo dos alimentos regionais para a garantia da segurança alimentar e nutricional (BRASIL, 2008). Conforme Reis *et al*. (2011), a alimentação saudável no contexto de políticas públicas é, sem dúvida, uma ação de promoção da saúde, visando hábitos alimentares saudáveis que garantam uma alimentação adequada e que ajudem a controlar o aumento da prevalência da obesidade entre as crianças, além de controlar e prevenir algumas doenças. Além disso, a oferta de uma alimentação adequada e saudável no ambiente escolar possibilita uma melhoria no estado nutricional, nas habilidades cognitivas, bem como contribui com a redução da fome e, ao mesmo tempo, com a evasão escolar (CESAR *et al*., 2020).

Desde a implementação da Lei 11.947/2009 – a qual dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar e do Programa Dinheiro Direto na Escola aos alunos da educação básica –, a agricultura famíliar vem se modificando para atender as escolas estaduais e municipais. Conforme a referida lei, 30% dos recursos destinados às aquisições para o abastecimento da merenda escolar deverão ser endereçados àqueles fornecedores, no âmbito do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), diretamente da Agricultura Familiar, do empreendedor familiar rural ou de suas organizações, priorizando-se os assentamentos da reforma agrária, as comunidades tradicionais indígenas e comunidades quilombolas (BRASIL, 2009).

A aquisição de gêneros alimentícios para a alimentação escolar a partir da Agricultura Familiar fez com que nutricionistas, com a ajuda dos agricultores e merendeiras, fossem desafiados a melhorar a qualidade da alimentação nas escolas, assim como proporcionar aos estudantes o acesso a alimentos de qualidade e livres de agrotóxicos (MACHADO *et al*., 2018). Nesse sentido, é importante intensificar os estudos voltados para o papel da escola sobre os hábitos e as práticas alimentares de crianças e adolescentes em idade escolar, de modo a desenvolver estratégias para a redução de prejuízos à saúde desse grupo, sobretudo quando relacionadas à melhoria da qualidade dos alimentos oferecidos, dos espaços de consumo e da origem desses produtos alimentícios (VALE *et al*., 2021).

Sendo assim, o PNAE tornou-se um importante segmento institucional para aquisição de alimentos da agricultura familiar. Esse programa, apesar das oportunidades que oferece à agricultura familiar e às suas organizações, também apresenta uma série de desafios na medida em que envolve diferentes atores no processo da aquisição de alimentos. Tais atores aderem à política com suas particularidades, demandas e expectativas próprias. Desse modo, vincular o programa da alimentação escolar às ações da agricultura familiar faz-se necessário para que se possa atingir o objetivo central: que é a chegada, aos refeitórios escolares, de alimentos mais nutritivos, livre de agrotóxicos, produzidos regionalmente e limpos, descascados, picados e embalados adequadamente. No mais, pelo menos na teoria, o programa tende a atender de forma univeral e igualitária os estudantes, regularmente matriculados, em escolas da rede pública (CESAR *et al*., 2020).

Para atingir esse propósito, é necessário desafiar os agricultores a pensar em seu produto, e como estes podem ser aceitos nas escolas, bem como quais as estratégias para sua valorização. Desse modo, é importante buscar alternativas que visem melhorar as características sensorias, nutricionais e de qualidade dos produtos ofertados, desde a produção pela agricultura familiar até a oferta no ambiente escolar. Diante disso, o objetivo do presente trabalho é: identificar os principais desafios encontrados pelos Nutricionistas, Responsáveis Técnicos (RT), atuantes nos municípios da Região Celeiro, no Estado do Rio Grande do Sul, em relação à compra de gêneros alimentícios direto da agricultura familiar.

2. METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido no período de abril a junho de 2014, com 11 profissionais nutricionistas responsáveis pela alimentação escolar dos municípios da Região Celeiro do estado do Rio Grande do Sul (RS). Os municípios que participaram do estudo foram: Três Passos, Miraguaí, Santo Augusto, São Martinho, Derrubadas, Vista Gaúcha, Braga, Esperança do Sul, Humaitá, Tenente Portela e Crissiumal.

Os profissionais nutricionistas que atuam junto a Secretaria de Educação responderam um instrumento de coleta de dados com questões padronizadas relacionadas à compra de produtos destinados à alimentação escolar provenientes da Agricultura Familiar.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Sobre os nutricionistas RT que participaram da pesquisa, verificou-se que 72% atuam nos municípios desde a implementação da Lei nº 11.947/2009. Estes participaram de eventos que propiciaram conhecer e se envolver com o processo desde o início, possibilitando criar alternativas para que a aquisição de gêneros alimentícios acontecesse, adequadamente, nos respectivos municípios. Contudo, a falta de apoio e de políticas públicas prejudica o andamento do trabalho, resultando no descumprimento da lei em vários municípios. O Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (CONSEA) apresenta dados sobre a produção da Agricultura Familiar, ressaltando a contribuição que este segmento representa na produção de alimentos para o mercado interno, além de destacar a necessidade de apoiar esse modelo produtivo por meio de políticas agrárias e agrícolas, bem como a valorização da produção destes agricultores (BRASIL, 2010).

Em pesquisa semelhante, realizada no Município de Passo Fundo (RS), os nutricionistas também participavam de forma direta e ativa na compra dos alimentos, na elaboração dos cardápios, auxiliando na preparação das refeições e na avaliação nutricional escolar, o que contribui para a efetividade do PNAE (BREITENBACH; PARIZOTTO; TROIAN, 2020). Por outro lado, de modo a dificultar tais ações, como mencionado, está a falta de apoio e de políticas públicas, que inviabilizem o correto funcionamento do programa e da aquisição de alimentos advindos da agricultura familiar. O estímulo e o apoio aos agricultores, assim como o aumento de benefícios econômicos, qualificação técnica e melhor infraestrutura são exemplos de ações que poderiam ser implementadas para possibilitar melhorias no fornecimento e na aquisição de alimentos (BREITENBACH; TROIAN; PARIZOTTO, 2021).

Dos 11 municípios participantes, apenas um município (12%) adquire menos de 30% de produtos oriundos da Agricultura Familiar para a alimentação escolar. Outros sete municípios adquirem de 30% a 40% desses produtos, o que representa a maioria deles, e apenas três dos municípios que responderam ao questionário adquirem mais de 50% de produtos da Agricultura Familiar para a alimentação escolar. Convém pontuar, acerca desses dados, que o Rio Grande do Sul foi o estado que mais cumpriu a meta de 30% estabelecida pela legislação (BRASIL, 2010), apresentando uma média de 67% entre os anos de 2011 e 2016. Destaca-se ainda que apenas 10,7% dos municípios desse estado não realizaram a compra de alimentos oriundos da agricultura familiar (TROIAN *et al*., 2020).

Na Região Celeiro (RS), todos os municípios adquiriam produtos orgânicos, variando os alimentos de acordo com a sua disponibilidade. Os municípios com maior percentual de compra obtêm esses alimentos a partir do modo formal (cooperativas e associações comunitárias), facilitando assim o processo de compra. Embora ocorresse a aquisição de alimentos pelo modo formal, em alguns municípios a compra era realizada, basicamente, por meio do modo informal (fora de cooperativas e associações), sendo mediada pela Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER/RS) e atrelada à Associação Sulina de Crédito e Assistência Rural (Ascar).

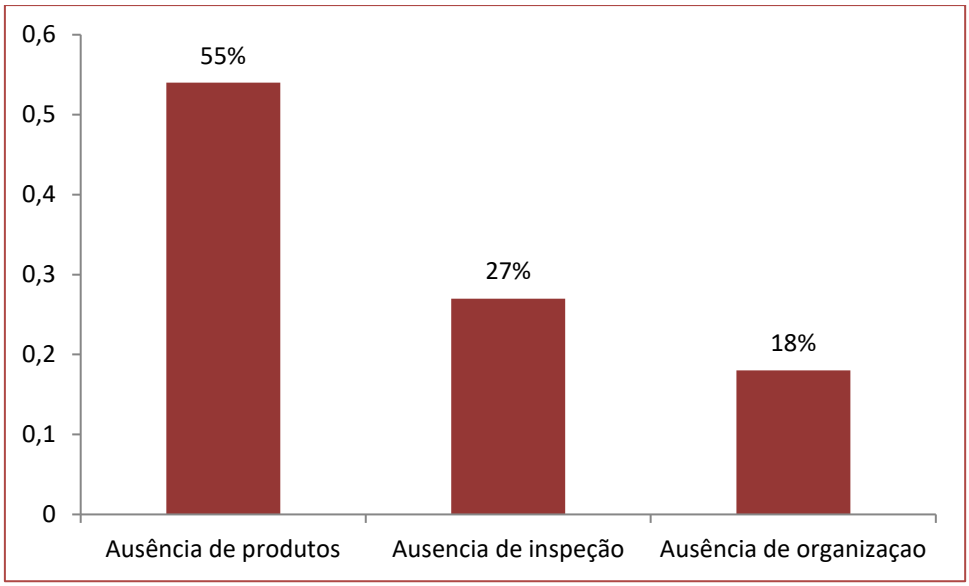
Com base nessas informações, a existência e a permanência de uma comercialização informal de alimentos propiciam riscos à saúde, devido a não adequação às exigências dos processos formais (BUENO *et al*., 2021). Além do mais, o difícil acesso à informação e as inadequações à legislação – que por vezes não comtempla a realidade do produtor familiar –, são fatores que prejudicam a produção e a comercialização de alimentos pela agricultura familiar (ESTEVAM; SALVARO; SANTOS, 2018). Nesse sentido, mesmo sabendo-se que é essencial haver uma alimentação adequada e variada em todos os estágios da vida, é primordial que a atenção seja redobrada para alimentação infantil, uma vez que é nessa fase que ocorre o desenvolvimento do organismo humano. A prática da alimentação inadequada na infância, portanto, implica prejuízos no crescimento e no desenvolvimento de crianças, sobretudo em idade escolar (MENDONÇA *et al*., 2019).

No que tange à variedade de alimentos orgânicos adquiridos na Região Celeiro, as hortaliças são as mais adquiridas. Dessa forma, a aquisição de alimentos oriundos da agricultura familiar possibilita aumentar e incluir alimentos *in natura* e/ou minimamente processados na alimentação escolar, tendo em vista que a ingestão de alimentos orgânicos e/ou agroecológicos se caracteriza como uma prática alimentar saudável (MACHADO *et al*., 2018), convergindo com o princípio do PNAE, que é:

> contribuir para o crescimento e o desenvolvimento biopsicossocial, a aprendizagem, o rendimento escolar e a formação de hábitos saudáveis dos alunos, por meio de ações de educação alimentar e nutricional e da oferta de refeições que cubram as suas necessidades nutricionais durante o período em que permanecem na escola (BRASIL, 2009, s. p.).

Ademais, entre as maiores dificuldades encontradas, em seis municípios (55%) foi apontada a falta de produtos locais. Por outro lado, em outros três municípios (27%), o maior problema seria a falta de inspeção para alguns produtos. Por último, a ausência de organização por parte dos agricultores teve ocorrência em pelo menos dois municípios (18%) (Figura 1). Os produtos que não são inspecionados, citados no questionário, em sua maioria, são os de origem animal (laticínios, carnes e ovos). Tais produtos, embora sejam produzidos em grande escala em alguns municípios, não podem ser comercializados por não haver inspeção, sendo este um grande impasse para a compra e para a venda. Apesar dos municípios participantes terem a agricultura como base da economia, ainda são ausentes os produtos que possam fazer parte do cardápio escolar.

Figura 1 – Entraves na produção para a merenda escolar identificados pelos onze municípios da Região Celeiro/RS que responderam o questionário



Fonte: Pesquisa de campo (2014).

Entre os dados apresentados na Figura 1, a ausência de produtos locais representa uma problemática muito preocupante, sobretudo quando, por exigência do mercado, os agricultores familiares direcionam a produção de alimentos específicos, restringindo a oferta e a obtenção de fontes alimentícias variadas. Nessa perspectiva, em um estudo voltado à análise dos impactos socioeconômicos do PNAE em Santa Catarina, um grupo de agricultores realizavam apenas uma e/ou duas atividades, reduzindo a produção e fazendo com que a compra de alimentos pelo PNAE fosse realizada em feiras e/ou mercados distantes. Assim, após parceria entre as Prefeituras, a Empresa de Pesquisa e Extensão Rural (Epagri) e os agricultores familiares, foi promovido um aumento significativo na produção de alimentos, com uma maior variedade e melhor qualidade (ELIAS *et al*.,2019). Esses resultados positivos na produção dos agricultores demonstram a importância da assistência técnica na melhoria das condições laborais e, como consequência, na qualidade do alimento produzido.

Outra dificuldade encontrada na aquisição de alimentos da Agricultura Familiar para a alimentação escolar foi a questão da inspeção, pois é ela que condiciona os padrões de qualidade, especificamente questões sanitárias, e as formalidades exigidas para sua comprovação, como os registros do produto e do estabelecimento nas respectivas instâncias responsáveis. Isso também foi observado em estudo realizado por Triches e Schneider (2010), no município de Dois Irmãos (RS), onde os agricultores, a EMATER/RS-ASCAR e o Sindicato dos Trabalhadores Rurais relataram que as exigências da comprovação de inspeção e de registros impossibilitava a formalização, pois, para adequarem-se aos padrões exigidos, teriam que tomar uma série de medidas que não eram possíveis de arcar.

Os impasses da inspeção vão ao encontro das exigências sanitárias, seja em âmbito municipal e estadual, seja federal. Essa questão também pôde ser constatada na pesquisa de Mera, Menegazzi e Diaz (2020), realizada também em municípios do Rio Grande do Sul, quando os participantes da pesquisa (produtores agroindustriais familiares) relataram a dificuldade para a adequação à legislação sanitária, uma vez que não possuíam poder aquisitivo suficiente para padronizar seus respectivos locais de trabalho.

A agricultura familiar, por vezes, foi invisibilizada, mesmo possuindo uma importância na produção de alimentos saudáveis, sem a presença de agrotóxicos e produzidos de forma sustentável (ROCHA *et al*., 2022). Estas práticas se estendem aos alimentos de origem animal, os quais, entre as inúmeras dificuldades enfrentadas, têm entraves na comercialização e no escoamento desses produtos no mercado formal. Por isso, é importante enfatizar que, como as características na cadeia produtiva da Agricultura Familiar diferenciar-se da produção de alimentos tradicional (grandes empresas do agronegócio), as exigências para que ocorra a correta comercialização deveriam, também, ser analisadas conforme a realidade dos agricultores (AQUINO; GAZOLLA; SCHNEIDER, 2018).

Os participantes relataram ainda que a falta de interesse dos agricultores, em organizar a produção e a entrega dos produtos, resultou na produção insuficiente à que se propôs entregar, o que acarretou, por vezes, trocas de produtos conforme o contrato de compra e venda, além de entregas fora do prazo. Essa situação, como mostram outras pesquisas, não são particulares do Rio Grande do Sul, tendo em vista que há ocorrência, muito similar, dessas dificuldades em outros estados e outras regiões do Brasil. As cooperativas de Agricultura Familiar e o mercado de compras governamentais, em Minas Gerais, por exemplo, apontam que são diversos os desafios dos agricultores familiares e de suas organizações para destinar os seus alimentos à alimentação escolar. A logística, os padrões de exigências do produto, o estoque e o transporte também apareceram como as principais limitações em relação à produção (COSTA; AMORIM JUNIOR; SILVA, 2015).

Embora a Agricultura Familiar apresente uma maior propensão para a manutenção de sistemas agrários diversos e ambientalmente sustentáveis, em grande medida, devido à permanência da associação entre unidade de produção e unidade de consumo, essa tendência natural necessita ser incentivada e apoiada com políticas públicas adequadas, o que inclui uma assistência técnica capaz de orientar a adoção de práticas agrícolas sustentáveis (BRASIL, 2010).

Pelo exposto, a agricultura orgânica e/ou de base agroecológica objetiva melhorar a qualidade de vida e a saúde da população, não se restringindo apenas aos agricultores, mas também aos consumidores. Assim, a relação entre a produção orgânica e o PNAE promove a manutenção da saúde e a melhoria na renda dos envolvidos nesse processo (MACHADO *et al*., 2018). A introdução de uma alimentação adequada, com alimentos variados, seguros e livres de contaminantes – físicos, químicos e/ou microbiológicos – no ambiente escolar, por meio do PNAE, proporciona uma Segurança Alimentar e Nutricional.

4. CONCLUSÃO

Entre os principais desafios encontrados pelos nutricionistas dos municípios da Região Celeiro/RS quanto a aquisição de gêneros alimentícios oriundos da Agricultura Familiar destacam-se a falta de produtos locais, assim como a falta assistência técnica capaz de orientar a adoção de práticas agrícolas sustentáveis, a falta de inspeção em alguns produtos, sendo muitas exigências quanto a comprovação de inspeção e registros impossibilitando assim a formalização, e ainda a dificuldade de organização dos agricultores principalmente em relação a produção e logística. No entanto, mesmo com estes entraves a maioria dos municípios avaliados adquirem mais do que o mínimo (30%) recomendado pela Lei nº. 11.947/2009 de produtos oriundos da Agricultura Familiar para a alimentação escolar através do modo informal.

REFERÊNCIAS

[1] BREITENBACH, R.; PARIZOTTO, J.; TROIAN, A. O Programa Nacional de Alimentação Escolar na Microrregião de Passo Fundo/RS. **Estudios Rurales**, Bernal, v. 10, n. 20, p. 1-13, 2020.

[2] TROIAN, A. et al. Desempenho dos Municípios do Rio Grande do Sul na Execução dos Recursos do PNAE com a Agricultura Familiar. Revista de Economia e Sociologia Rural, Brasília, v. 58, n. 3, p. 1-18, 2020.

[3] BUENO, M. C. et al. Insegurança alimentar e fatores sociais, econômicos e nutricionais em estudantes de escolas rurais. Cadernos Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 29, n. 2, p. 153-162, 2021.

[4] BRASIL. Lei nº 11.947, de 16 de junho de 2009. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar e do Programa Dinheiro Direto na Escola aos alunos da educação básica. Brasília (DF): Presidência da República, [2009]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l11947.htm.

[5] BRASIL. Guia alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável. Brasília (DF): Ministério da Saúde, 2008.

[6] REIS, C. E. G.; VASCONCELOS, I. A. L.; BARROS, J. F. de N. Políticas públicas de nutrição para o controle da obesidade infantil. Revista Paulista de Pediatria, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 625-633, 2011.

[7] CESAR, J. T. et al. Adesão à alimentação escolar e fatores associados em adolescentes de escolas públicas na região Sul do Brasil. Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 25, n. 3, p. 977-988, 2020.

[8] MACHADO, L. S. et al. Alimentos orgânicos e/ou agroecológicos na alimentação escolar em municípios do Rio Grande do Sul, Brasil. DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 101-115, 2018.

[9] VALE, D. et al. Adesão à alimentação escolar por adolescentes brasileiros: determinantes individuais e do contexto escolar. Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 26, n. 2, p. 637-650, 2021.

[10] BRASIL. A Segurança Alimentar e Nutricional e o Direito Humano à Alimentação Adequada no Brasil: indicadores e monitoramento da Constituição de 1988 aos dias atuais. Brasília (DF): Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional, 2010.

[11] BREITENBACH, R.; TROIAN, A.; PARIZOTTO, J. Políticas públicas para a agricultura familiar: o PNAE na microrregião de Passo Fundo/RS. In: OLIVEIRA, R. J. (org.). Extensão rural: práticas & pesquisas para o fortalecimento da agricultura familiar. Guarujá, v. 1, 2021.

[12] ESTEVAM, D. O.; SALVARO, G. I. J.; SANTOS, V. J. D. Os desafios da inserção formal de produtos da agricultura familiar no mercado. Redes, Santa Cruz do Sul, v. 23, n. 1, 262-281, 2018.

[13] MENDONÇA, C. et al. Horta: estratégia para a educação alimentar e nutricional de pré-escolares. Revista Extensão em Debate, Maceió, v. 3, n. 1, p. 81-95, 2019.

[14] ELIAS, L. P. et al. Impactos socioeconômicos do Programa Nacional de Alimentação Escolar na agricultura familiar de Santa Catarina. Revista de Economia e Sociologia Rural, Brasília, v. 57, n. 2, p. 215-233, 2019.

[15] TRICHES, R. M.; SCHNEIDER, S. Alimentação Escolar e Agricultura Familiar: reconectando o consumo à produção. Revista Saúde e Sociedade, São Paulo, v. 19, n. 4, p. 933-945, 2010.

[16] MERA, C. M. P.; MENEGAZZI, T. R.; DIAZ, J. S. Análise da conformidade higiênico-sanitária de unidades agroindustriais familiares produtoras de derivados lácteos em municípios do Rio Grande do Sul. Redes, Santa Cruz do Sul, v. 25, n. 2, p. 832-856, 2020.

[17] ROCHA, T. et al. Desafios do mercado para os produtos de origem animal da agricultura familiar. Revista Brasileira Multidisciplinar, Araraquara, v. 25, n. 1, p. 182-197, 2022.

[18] AQUINO, J. R.; GAZOLLA, M.; SCHNEIDER, S. Dualismo no campo e desigualdades internas na agricultura familiar brasileira. Revista de Economia e Sociologia Rural, Piracicaba, v. 56, n. 1, p. 123-142, 2018.

[19] COSTA, B. A. L.; AMORIM JUNIOR, P. C.; SILVA, M. G. da. As cooperativas de agricultura familiar e o mercado de compras governamentais em Minas Gerais-SP. Revista de Economia e Sociologia Rural, Piracicaba, v. 53, n. 1, p. 109-126, 2015.

Capítulo 2

Estudo prospectivo da cadeia produtiva de alimentos vegetarianos à base de coco e chia

Flávia Luiza Araújo Tavares da Silva
Taís Letícia de Oliveira Santos
Maria Adélia Rodrigues Sá de Oliveira
Andrea Gomes da Silva
João Antônio Belmino dos Santos
Patrícia Beltrão LessaConstant

Resumo: O vegetarianismo corresponde à alimentação exclusiva de produtos vegetais. As indústrias têm incorporado ingredientes de maior valor nutricional. O coco foi introduzido no Brasil no período colonial, a chia, por outro lado, tem um histórico mais recente. A metodologia se deve ao mapeamento de indústrias de alimentos acrescidos de coco e/ou chia, seus valores mercadológicos, e patentes. Foram encontradas 16 indústrias e 55 produtos. O número de patentes é muito inferior ao esperado.

Palavras-chave: Produção, Alimentos, Prospecção, Vegetariano.

1. INTRODUÇÃO

Apesar da crescente prática do vegetarianismo, ela já estava descrita em vários momentos históricos. De acordo com o hinduísmo, atribui-se ao ato de matar um animal a um carma, de modo que todo ser vivo possui uma alma, assim assume-se uma prática de violência, o que contraria a sua crença de transmigração de almas mediante a ciclos de morte e renascimento, onde a libertação desse ciclo é a purificação da alma. Da mesma forma, segue-se também os pensamentos budistas (AZEVEDO, 2013).

Segundo Rola (2015), esta escolha alimentar vai além de questões religiosas e espirituais, hoje em dia uma das questões principais é da moral e do respeito para todo e qualquer animal, onde pensamentos filosóficos retratados "observavam a proibição de comer animais pois consideravam-nos como tendo o direito de viver em comum com a humanidade" (LEITZMANN, 2014). Bem como questões de saúde, onde estudos mostram risco potenciais de doenças devido a uma alimentação onívora. Além desses motivos, mostra que a produção e distribuição de carne, fator que mais acrescenta a vertente do vegetarianismo, é causa da escassez de alimentos para os mais necessitados da sociedade.

O vegetarianismo é o regime alimentar que exclui o consumo de carnes e consiste em uma alimentação exclusiva de vegetais. Essa prática não se funde a partir da proibição do consumo, mas como incentivo de consumir outros alimentos (ABONIZIO, 2016).

Segundo a Sociedade Vegetariana Brasileira (2018), 14% da população brasileira se declara vegetariana. O mercado vegetariano teve um crescimento maior entre 2012-2017, com mais de 240 restaurantes vegetarianos e veganos, restaurantes tradicionais servindo pratos vegetarianos e a indústria de alimentos investindo em produzir versões veganas de produtos cárneos ou lácteos, como nuggets, presuntos, kibes, coxinhas, salsichas, linguiças, sorvetes e requeijões. A percepção de empresários é um crescimento de 40% ao ano desse mercado.

Segundo Da Silva e Orlandelli (2019), a tecnologia de bioprocessos na produção de alimentos tem um grande desafio que é atender a um público que prioriza cada vez mais a alimentação saudável, sejam portadores de doenças ou não. Assim, ao longo dos anos a indústria de alimentos vem agregando ingredientes funcionais na elaboração de novos produtos. A maioria das pesquisas se baseiam na incorporação de diversos ingredientes funcionais como fibras, flavonoides, prebióticos, probióticos e resíduos alimentares, mantendo os padrões de qualidade exigidos pela legislação brasileira. Produtos que tiveram um grande potencial de comercialização pela aprovação dos testes de análise sensorial.

O *Cocos nucifera* L. Arecacea é o nome científico do coqueiro, uma planta tropical, pioneiramente oriunda da Ásia, mas cultivada em mais de 86 países. No Brasil, a cultura do coco foi introduzida no ano de 1553 através do coqueiro gigante, pelo estado da Bahia. Por volta de 1920, através de pesquisas, verificaram que uma nova variedade de coqueiro anão, o *King Coconut*, possuía maior produtividade. Assim, em 1925, o então Ministro da Agricultura, Doutor Miguel Calmon, trouxe várias mudas de coqueiro anão verde para serem distribuídas no Norte brasileiro (FARIAS, 2015; NUCÉ DE LAMOTHE, 1983).

O fruto do coqueiro é bastante comercializado em diversas formas. O coco verde, possui uma água interna que é o principal derivado utilizado para hidratação, normalmente é encontrado em regiões praianas. O coco seco, só é retirado do coqueiro quando seca toda a água interna, e é comercializado tanto para mudas, como para outros derivados, por exemplo, coco ralado (FARIAS, 2015).

Segundo Brito (2014), através da aplicação de chia (*salvia hispanica)* no processamento de pães visando o enriquecimento nutricional e funcional, concluiu que, tanto o uso da farinha como a da semente garantiram teores de proteínas, cinza, lipídeos, umidades e carboidratos em quantidades similares e quantidades superiores aos resultados apontados pela TACO (2011).

Substituir ingredientes menos nutritivos ou adicionar outros de maior valor nutricional, sem comprometer o sabor dos alimentos, é o fator impulsionador da indústria de alimentos para a alimentação da nova era, que visa o consumo de alimentos funcionais. A chia é particularmente interessante dentro dessa lógica, que além de melhorar o valor nutritivo, apresenta grande capacidade para reter água e óleo (COELHO, 2014).

Através de uma população mais preocupada com a saúde, os alimentos vegetarianos estão deixando de ser um nicho de mercado para transformarem-se em uma nova fronteira do mercado de alimentos, competindo espaço com os produtos tradicionais e com amplas possibilidades de crescimento. A indústria de alimentos está se adaptando e suplementando produtos como também, criando produtos novos com essa característica. Esta pesquisa se justifica pelo mapeamento das indústrias que se destacam nesse mercado, sua relevância e também sua contribuição no setor de inovação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um mapeamento em websites das indústrias produtoras de alimentos vegetarianos com base de coco e chia, como também a identificação desses alimentos e seu valor comercial durante o período de março de 2020 à março de 2021. Para a contribuição patentária nacional, foi feita uma pesquisa através do site do INPI utilizando os descritores "vegetariano", "vegetariana", "vegano" e "vegana" de forma geral e no setor de alimentos. Todos os resultados foram analisados de acordo com as matérias-primas relacionadas. Após os dados obtidos, os mesmos foram organizados em tabelas e gráficos posteriormente analisados com embasamentoteórico científico.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

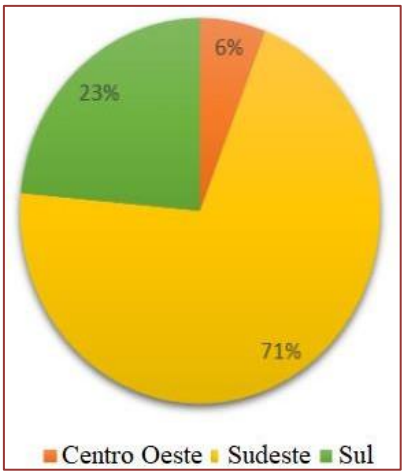
Foram encontradas 16 indústrias produtoras de alimentos vegetarianos que possuem na sua base produtos com coco e chia por meio de mapeamento em websites (Tabela 1).

Tabela 1. Distribuição das indústrias produtoras de alimentos vegetarianos a base de coco e chia

Indústria	Estado
A tal da Castanha	São Paulo
Alimente	São Paulo
Bio2Organic	São Paulo
Bioporã	Goiás
Chocovegan	São Paulo
Eat Clean Brasil	São Paulo
Tudo Zero Leite Alimentos	São Paulo
Germinou	São Paulo
Hart's Natural	Rio Grande do Sul
Jasmine Alimentos	Paraná
Leatt	Rio de Janeiro
Natural Science	Paraná
Nomoo	Rio de Janeiro
Rakkau	São Paulo
Superbom	São Paulo, Santa Catarina
VidaVeg	Minas Gerais

Através do mapeamento das indústrias nota-se que, na Figura 1, a região Sudeste detém 71% das indústrias do país, com destaque para São Paulo que possui a maior concentração das indústrias da região. Em seguida, a região Sul com 23% e a Centro-Oeste com apenas 6%.

Figura 1. Porcentagens de indústrias vegetarianas



O maior polo industrial geral do Brasil se encontra na região Sudeste, o que justifica a quantidade encontrada de indústrias produtoras de alimentos vegetarianos para esta região. A indústria de alimentos cada vez mais busca alternativas de inovação e algumas delas estão começando a introduzir a linha de alimentos vegetarianos. Segundo Lulio (2020), a Sadia, indústria que tem como base a proteína animal já conta com 2 linhas de produtos vegetarianos. Seguindo a Sadia, a JBS também anunciou a implementação de alimentos orgânicos e vegetarianos,como também a Mafrig, que é fornecedora da Burger King.

Segundo Révillion *et al*. (2020), o mercado de alimentos vegetarianos vem crescendo, em 2015 atingiu 2,22 bilhões de dólares em vendas de produtos veganos, em 2019 esse valor chegou em 55 bilhões de dólares e as expectativas para até 2023 são de 60 bilhões de dólares em vendas. Esse nicho de mercado é bem promissor, mesmo o percentual de pessoas ditas como vegetarianas ser de 2% a 9% nos países desenvolvidos, a crescente conscientização de uma alimentação sem crueldade leva a pessoas que não se intitulam vegetarianas a diminuir o consumo de produtos animais e implementarem os alimentos vegetarianos na sua dieta.

Foram identificados 55 produtos vegetarianos com coco e/ou chia em sua formulação, através de pesquisas nos sites das indústrias produtorasencontradas (Tabela 2).

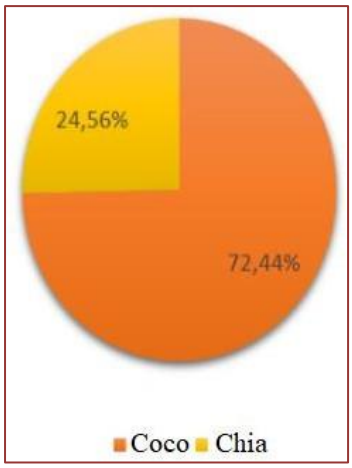
Atualmente há uma enorme variedade de produtos vegetarianos no mercado, a indústria de alimentos tem se adaptado a demanda dos consumidores, inovando cada vez mais. A inovação segue desde a substituição de produtos “básicos” como o leite, como produtos mais elaborados como o ganache de chocolate feito a partir do leite de coco, o shake proteico que conta como aumento de proteínas devido à presença da chia, o hambúrguer vegetal enriquecido com as proteínas presentes na chia. São produtos que tem um aporte nutricional devido a utilização das matérias primas, coco e chia, que garantem um enriquecimento a esses alimentos, além das suas propriedades na formulação.

Tabela 2: Produção Industrial de alimentos vegetarianos

Indústria	Produtos
A tal da Castanha	Leite de castanha de caju e coco; Pasta de castanha de caju e coco; Castanha de caju assada com coco; Shake proteico banana + chia
Alimente	Leite de coco liofilizado
Bio2Organic	Shake de proteína; Água de coco em pó; Barra de cereal 7 castanhas e coco; Mix de cereais com frutas e sementes
Bioporã	Manteiga de coco; Ganaches; Creme de cacau; Oleo de coco; Farinha de coco
Chocovegan	Chocolate branco com coco
Eat Clean Brasil	Pasta de amendoin com açúcar de coco; Pasta Nuts & coco; Pasta de castanha de caju
Tudo Zero Leite Alimentos	Tabletes de chocolate; Tabletes de chocolate com chia
Germinou	Manteiga
Hart's Natural	Bombom cocada; Barra de cereal coco e chocolate; Barra de proteína de coco; Cocadinha; Proteína vegana coco e baunilha; Barra de ceral coco e chia; Semente de chia; Barra fruta de chia
Jasmine Alimentos	Pão sem glúten com coco; Bebida vegetal arroz e coco; Rosquinha zero açúcar coco; Granola chocolate e coco; Cookies zero açúcar e orgânico; Pão sem glúten com chia e ervas finas; Bolo sem glúten laranja e chia; Biscoito maracujá e chia
Leatt	Bebida vegetal de coco
Natural Science	Doce sabor leite condensado com coco
Nomoo	Manteiga vegana; Parmesão; Requeijão; Queijos veganos
Rakkau	Proteínas de ervilha e arroz com coco
Superbom	Bolacha granovita coco; Cookies; Bolacha de granola com coco; Geleia de frutas vermelhas com chia; Bolacha frutigran aveia, chia e linhaça; Geleia de morango com chia; Hambúrguer vegetal com chia
VidaVeg	Leite vegetal de coco; Leite fresco de coco Requeijão; Queijos; Iogurte proteico; Iogurte de coco

Avaliando a quantidade de produtos encontrados e separados por matérias-primas, nota-se que 72,44% dos produtos são à base de coco enquanto 24,56% são à base de chia (Figura 2). O coco possui uma característica de maior produção dado a sua disponibilidade, o cultivo ser realizado há vários anos, enquanto o cultivo da chia ainda se encontra em expansão no país.

Figura 2: Porcentagem de coco e chia como base dosalimentos vegetarianos



Mesmo a chia estando em apenas 24,56% desses produtos, a sua utilização nas indústrias de alimentos é de grande importância, não só devido as suas características nutricionais, mas também as suas capacidades tecnológicas. Segundo Ramos (2013), a chia possui capacidades espessantes, gelificantes e estabilizantes. Útil nas inovações apresentadas pela indústria de alimentos como na textura e sabor de novos produtos, sendo utilizada em formulações docesou salgadas.

4. ANÁLISE DE MERCADO DOS PRODUTOS

Segundo Carneiro *et al*. (2019), a prática da dieta vegetariana possui menor geração de resíduos e uso aceitável da água, bem como da energia, tornando-se mais sustentável que a dieta onívora. Apesar da ideia que a dieta vegetariana está relacionada apenas com ideais espirituais e ideológicos, essa prática também possui uma consciência ecológica, levando em consideração que a produção de carne afeta diretamente a biodiversidade, contribui para o desmatamento e afeta diretamente e indiretamente a saúde do homem.

Carreiro (2018) afirma que a com expansão do nicho mercadológico, os produtos veganos ganharam destaque e as indústrias produtoras lucram com essa tendência que cresce 40% ao ano. Como exemplo, a Mr. Veggy que tinha um crescimento aproximado de 25% ao ano e obteve de 30% a 40%. A linha de hambúrguer enriquecido com chia da Superbom também recebeu ótimas avaliações através dos atributos sensoriais que se assemelham a carne bovina.

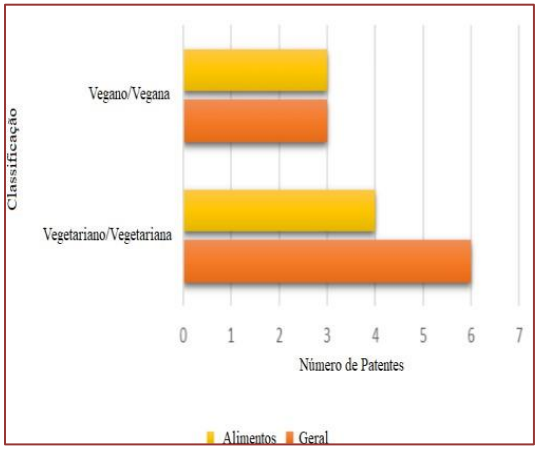
Conforme dados publicados pela SBV (2019), o Brasil possui 240 restaurantes vegetarianos e veganos, deste modo, o seu crescimento reflete de tendências mundiais. Já é possível encontrar uma grande variedade de alimentos vegetarianos e veganos nos supermercados brasileiros.

As matérias primas analisadas, coco e chia, além de apresentar uma grande contribuição nutricionais e sensorial para os produtos produzidos, possui disponibilidade favorável para produção. O resultado mostra que dos 55 produtos encontrados, apenas 32,07% mantêm-se abaixo de R$ 10,00 e que 3,77% possui valor acima de R$ 50,00. A proteína de ervilha e arroz com coco está entre os produtos acima de R$ 50,00, com R$ 115,72, porém esse valor ainda é aceitável dado aos valores de whey protein não vegetarianos encontrados no mercado. Para os valoresde manteigas vegetarianas encontrados têm-se uma média de R$ 22,33, que estão acima da média de preçode manteigas não vegetarianas. Nota-se que quanto maior a inovação do produto vegetariano e/ou vegano,maior o seu valor de mercado. Quando comparado aos produtos à base tanto de coco como de chia, os vegetarianos apresentam valores muito altos. Tornando os produtos inacessíveis economicamente para grande parte da população.

5. ANÁLISE DE PATENTES

Em relação a busca de patentes no âmbito da classificação para vegetariano/vegetariana foram identificados 6 depósitos gerais, de modo que 4 no setor de alimentos. Para a classificação vegano/veganafoi encontrado apenas 3 depósitos gerais, por conseguinte todos eles do setor de alimentos (Figura 3).

Figura 3: Número de patentes encontradas porclassificação vegetariana e vegana



Mesmo com a crescente demanda da indústria de alimentos e a variedade de produtos encontrados no mercado, nota-se um número insuficiente de depósitos de patentes no setor de alimentos vegetarianos e veganos no País. O depósito de patentes na classificação vegetariano/vegetariana mais antigo é o de número PI 0616199-5 A2 de 12/09/2006, de ordemfarmacêutica. Em seguida, um depósito de número PI 0809818-2 A2 de 04/04/2008, que apresenta uma composição de alimento seco e composição de alimento seco vegetariano, do setor de alimentos, porém não dispõe de um resumo de invenção.

Na classificação de vegano/vegana os depósitos são recentes, sendo um de 2017 e dois de 2019, respectivamente: Análogo de queijo vegano (BR 11 2018 067642 0), Massa sem adição de açúcar e vegana, para a modelagem de artesanato alimentício e cobertura decorativa em confeitaria (BR 10 2019 017331 9) e Composição, processo de produção e uso de mel artificial que segue os princípios da dieta vegana (BR 10 2019 002150 0).

6. CONCLUSÃO

De acordo com o mapeamento das indústrias, verifica-se que 71% das indústrias produtoras de alimentos vegetarianos com base de coco e chia encontram-se naregião Sudeste, seguida da região Sul com 23%. Dos produtos encontrados, 72,44% são à base de coco e 24,56% à base de chia. Os dados da análise de mercado mostram apenas 32,07% dos produtos abaixo do valor de R$ 10,00, compreendendo os demais inacessíveis economicamente para grande parte dapopulação. Quando analisado os números de depósitos de patentes em relação aos termos “vegetariano” e “vegano”, relacionados as matérias-primas coco e chia, há uma insuficiência de depósitos em âmbito nacional, mostrando-se uma área carente neste cenário, podendo ser melhor explorada em pesquisas futuras.

Diante do exposto, revela-se importante o estudo da aplicação do coco em conjunto com a chia na área de alimentos com ênfase no mercado vegetariano e vegano. Assim como, no desenvolvimento de novos produtos a partir dessas matérias primas de grande viabilidade econômica.

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Sergipe.

REFERÊNCIAS

[1] ABONIZIO, J. CONFLITOS À MESA: Vegetarianos, consumo e identidade. Revista Brasileira de Ciências Sociais, [s.l.], v. 31, n. 90, p.115-137, 2016. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.17666/3190115-136/2016.

[2] AZEVEDO, E. de. VEGETARIANISMO. Demetra: Alimentação, Nutrição & Saúde, [s.l.], v. 8, p.275- 288, 11 set. 2013. Universidade de Estado do Rio de Janeiro. http://dx.doi.org/10.12957/demetra.2013.6609.

[3] BRITO, L. G. da S. Aplicação de chia (salvia hispanica) no processamento de pães visando o enriquecimento nutricional e funcional. 2014. 28f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2014.

[4] CARNEIRO, L. G. et al. Dieta vegetariana como prática sustentável. In: MEIO Ambiente, Sustentabilidade e Tecnologia. 3. ed. Belo Horizonte: Poisson, 2019. p. 36-43.

[5] CARREIRO, J. Mercado brasileiro se rende aos 5 milhões de clientes veganos e oferece opções para este público. 2018. Disponível em: <https://emais.estadao.com.br/blogs/comida-de- verdade/mercado-brasileiro-se-rende-aos-5-milhoes- de-clientes-veganos-e-oferece-opcoes-para-este- publico/>. Acesso em: 06 dez. 2020.

[6] COELHO, M. S. Pão enriquecido com chia (Salvia hispanica l.): desenvolvimento de um produto funcional. 2014. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Ciência de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2014.

[7] DA SILVA, V. S; ORLANDELLI, R. C. DESENVOLVIMENTO DE ALIMENTOS FUNCIONAIS NOS ÚLTIMOS ANOS: UMA REVISÃO. REVISTA UNINGÁ, [S.l.], v. 56, n. 2, p. 182-194, jun. 2019. ISSN 2318-0579. Disponível em: <http://revista.uninga.br/index.php/uninga/article/vie w/1110>. Acesso em: 21 set. 2020.

[8] FARIAS, L. A. S. de. Estudo da viabilidade de agroindustrialização do coco (Cocos nucifera l.) em são gonçalo, sousa-pb. 2015. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2015.

[9] LEITZMANN, C. (2014). Vegetarian nutrition: past, present, future. Journal of Clinical Nutrition , 100 (1), 496 S-502 S.

[10] LULIO, M. Entenda por que a indústria está apostando em alimentos orgânicos e vegetarianos. 2020. Publicada por Consumidor Moderno. Disponível em: https://www.consumidormoderno.com.br/2020/10/22/entenda-por-que-a-industria-esta-apostando-em-alimentos-organicos-e-vegetarianos/. Acesso em: 13 nov. 2020.

[11] NUCÉ DE LAMOTHE, M. Melhoramento do Coqueiro. Montpellier. Relatório da Missão Realizada nas plantações de Embrapa: IRHO, 1983

[12] RÉVILLION, J. P. et al. O mercado de alimentos vegetarianos e veganos: características e perspectivas. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 37, n. 1, p. 1-10, mar. 2020.

[13] ROLA, C. Vegetarianismo e Comportamento Alimentar: Comportamentos Alimentares Disfuncionais e Hábitos Alimentares em Dietas Vegetarianas. 2015. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Doenças Metabólicas e Comportamento Alimentar, Faculdade de Medicina de Lisboa, Lisboa, 2015. SBV. Mercado Vegetariano. Disponível em: <https://www.svb.org.br/vegetarianismo1/mercado- vegetariano>. Acesso em: 10 jan. 2020.

[14] SBV. Sociedade Vegetariana Brasileira. (2019): “Mercado vegano” Disponível em: <https://opcaovegana.svb.org.br/index.php>. Acesso em: 06 dez. 2020

[15] TACO – Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. Núcleo de Estudos e pesquisas em Alimentação - Universidade Estadual de Campinas. Campinas – SP. 4. ed. rev. e ampl., 2011.

Capítulo 3

Taioba: Uma PANC sub explorada

Talison Bruno Lima dos Santos
Josilana Rodrigues Pantoja
Letícia Flávia de Oliveira Borges
Fábio José Rabelo Rodrigues Rosa
Igor Pereira de Melo dos Santos
Samanta de Paula de Almeida Duarte
Yasmin Silva Lemos
Orquídea Vasconcelos dos Santos

Resumo: As plantas alimentícias não convencionais (PANC) são plantas que, normalmente, não estão inseridas no cardápio da população, porém, possuem um alto potencial culinário e nutricional, sendo, muitas vezes, integralmente comestíveis. Dentre as PANC podemos citar a taioba (*Xanthosoma sagittifolium*), uma hortaliça folhosa e sub explorada. Assim, o presente trabalho tem como objetivo evidenciar, por meio de uma revisão da literatura, suas características físico-químicas, a composição nutricional da folha, do caule e da raiz de forma isolada, os compostos bioativos, assim como sua utilização alimentícia e seus benefícios a saúde. Realizou-se uma pesquisa, com busca nas bases de dados BVS, MEDLINE (PubMed) e Science Direct de artigos científicos em periódicos, dissertações e teses, em inglês e português, de 2018 a 2022, utilizando-se como descritores "PANC", "Taioba" e “nutricional” , “funcional” de forma isolada e combinados entre si pelo descritor boleano “AND”. Verificou-se que a taioba, não somente a sua folha, como seu caule e rizoma também são ricos em diversos nutrientes, dentre eles o amido, proteína, vitaminas como A e C, e minerais como cálcio, ferro, zinco. Com isso, ressalta-se a importância dessa PANC ser inserida na alimentação da população, devido a esses inúmeros benefícios que representa a saúde.

Palavras chave: PANC, taioba, nutricional.

1. INTRODUÇÃO

As plantas alimentícias não convencionais (PANC) são plantas que, normalmente, não estão inseridas no cardápio da população, porém, possuem um alto potencial culinário, muitas vezes, sendo plantas integralmente comestíveis. Estas também podem ser definidas como plantas que ainda não foram completamente estudadas pela comunidade científica, e seu potencial ainda não foi elucidado como um todo. O conceito de PANC também é relativo, pois depende muito da região onde determinada planta está inserida, para ela ser considerada não convencional, visto que é comum que a cultura de uma região insira intimamente uma planta à sua culinária, enquanto que em outra região está é quase que desconhecida. O estudo das PANC é uma forma de prezar pela biodiversidade, sustentabilidade e segurança alimentar (DA SILVA, 2022).

Dentre as PANC podemos citar a *Xanthosoma sagittifolium* pertencente à família *Araceae*, essa família compreende um número amplamente vasto de gêneros e espécies, incluído nisso está o gênero *Xanthosoma* que compreende cerca de 60 espécies, dentre elas a *Xanthosoma sagittifolium* que é uma hortaliça folhosa, perene e robusta que pode chegar a atingir até dois metros de altura, além disso, também possui folhas grandes, carnosas, cerosas, e com nervuras marcantes. Seu cultivo pode ocorrer durante todo o ano em regiões tropicais e equatoriais, enquanto se limita apenas aos meses mais quentes do ano em regiões subtropicais e de altitude (SOUZA, 2018).

A *Xanthosoma sagittifolium*, popularmente, conhecida como Taioba ou Cocoyam, nome comum para os dois gêneros mais cultivados da espécie, é uma planta do grupo de raízes e tubérculos, originária da América tropical, provavelmente, América central e sul. A Taioba tem um fácil cultivo e foi facilmente domesticada, sendo produzida em grande escala pelos povos da Oceania, Ásia e África, fornecendo renda para mais de 400 milhões de pessoas. Atualmente a África é a maior produtora de Taioba. Contudo, mesmo com a facilidade de produção e armazenamento, a Taioba ainda é um produto subexplorado com pouco aproveitamento. Além disso, a limitada utilização alimentar e seu cultivo, tende a cair nas regiões produtoras, no rumo contrário a essa realidade tem-se o aumento das pesquisas e inovações nas áreas de uso de produtos pouco explorados, para aumento da sustentabilidade e soberania alimentar (BOAKYE et al., 2018).

A Taioba é uma importante constituinte da dieta de aproximadamente 500 milhões de pessoas de países como Ásia, África, América central e ilhas do pacífico, seu consumo costuma ser feito em diferentes formas de preparação, como: cozidas, assadas ou pastas feita da farinha de Taioba. No Brasil é mais comum o uso do caule e das folhas da Taioba em guisados e sopas (SOUZA, 2018).

Segundo WADA (2019), a *Xanthosoma sagittifolium* desempenha um papel significativo para a subsistência de milhões de pessoas, sendo ela totalmente aproveitável, podendo se extrair preparações diferentes para a sua raiz, caule e folhas. A Taioba ainda carece de estudos para determinação de suas características nutricionais, bem como para ampliação de parâmetros para sua utilização. O crescimento do conhecimento acerca da taioba pode contribuir para o desenvolvimento tecnológico, e da sustentabilidade de produtores familiares, promovendo segurança alimentar e soberania alimentar (SOUZA, 2018). Dessa forma, o presente trabalho busca realizar uma revisão da literatura acerca da classificação botânica da planta, suas características físico-químicas, a composição nutricional da folha, do caule e da raiz de forma isolada, os compostos bioativos, assim como sua utilização alimentícia e seus benefícios a saúde.

2. METODOLOGIA

A presente pesquisa é bibliográfica, de abordagem qualitativa básica, com objetivo descritivo acerca das características físico-químicas, nutricionais e de compostos bioativos na taioba. Realizou-se uma pesquisa bibliográfica, com busca nas bases de dados BVS, MEDLINE (PubMed) e Science Direct de artigos científicos em periódicos, dissertações e teses, em inglês e português, de 2018 a 2022, utilizando-se como descritores "PANC", "taioba", “nutricional” e “funcional” de forma isolada e combinados entre si pelo descritor boleano “AND”, além da utilização da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. CARACTERIZAÇÃO BOTÂNICA

A Taioba, que também pode ser conhecida como *tannia*, cocoyam, taiá, inhame-de-folha, macabo, mangará, taiobuçu, entre outros nomes, é uma planta da família *Araceae*, que compreende mais de 100 gêneros e aproximadamente 2830 espécies. Além disso, a planta pertence ao gênero *Xanthosoma* e é considerada uma PANC (Planta Alimentícia Não Convencional) (DIDINI, 2019). A tabela 1 apresenta a classificação taxonômica da planta.

Tabela 1 - Classificação taxonômica da Taioba

Classificação taxonômica da taioba	
Filo	Angiosperma
Família	Araceae Juss
Gênero	*Xanthosoma* Schott
Espécie	*Xanthosoma sagittifolium*

Fonte: Autores (2022)

A taioba é originária da América Central, no Brasil é possível encontrá-la em quase todo o território nacional, sendo fácil achá-la em regiões tropicais. Essa espécie é considerada uma hortaliça folhosa, observada na figura 1, podendo chegar aos dois metros de altura. Além disso, é uma herbácea rizomatosa, perene e robusta. Toda a planta é de cor verde, não apresentando variação de coloração em sua extensão, como se verifica na figura 2 (JUNIOR et al., 2018; SOUZA, 2018).

Figura 1 - Folhas de Taioba

Figura 2 - Observação da cor uniforme

Fonte: Autores (2022).

Algumas espécies de plantas tropicais possuem grandes semelhanças fenotípicas, que causam uma grande dificuldade para identificá-las, o que gera uma insegurança na aplicação das plantas alimentícias, durante o preparo dos alimentos, pela incerteza de sua identificação. Assim, é importante destacar algumas características marcantes da *Xanthosoma sagittifolium*, para facilitar a sua identificação em meio a outras plantas, tanto pela população, como pela comunidade cientifica (WADA, 2021).

A *Xanthosoma sagittifolium* possui folhas completamente verdes, em formato de sagitarate ou coração. Além disso, a inserção do caule na folha acontece na união da parte superior dela, como verificado na figura 3 e outra característica marcante são duas veias coletoras, que circundam a folha formando uma margem ao redor dela, como observado na figura 4 (WADA, 2021).

Figura 3 - Inserção do caule na folha

Figura 4 - Veias formadoras da margem

Fonte: Autores (2022)

Essa planta está entre as seis culturas de raízes e tubérculos mais importantes do mundo, sendo a principal fonte de alimento para aproximadamente 500 milhões de pessoas em mais de 3 continentes diferentes (BOAKYE et al., 2018). Além disso, diferentemente das hortaliças folhosas convencionais, a Taioba apresenta um bom desempenho produtivo no período de verão chuvoso (SOUZA, 2018).

3.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

Com relação a sua caracterização físico-química, ela demonstra importância para que informações mais detalhadas sobre essa hortaliça não convencional sejam divulgadas. Assim, esses dados poderão ser utilizados para desenvolvimento de produtos alimentícios ou fármacos, além de servirem de complemento para estudos futuros. É válido mencionar que a forma de aferir esses dados se dá pela divisão da planta em folha, caule e rizoma. Porém, normalmente, as análises levam em consideração somente a folha da hortaliça, por ser a parte mais consumida (SOUZA, 2019). Na tabela 2, observa-se as composições físico-químicas encontradas por diferentes autores, assim como pelo que está especificado na Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos, utilizando-se a base úmida das folhas da Taioba.

Tabela 2 - Composição físico-química das folhas da *Xanthosoma sagittifolium*

Itens	Ramos et al, 2020	Didini, 2019	Botrel et al., 2020	TACO
Umidade (%)	77,1	86,4	--	89,2
Lipídeos (g/100g)	0,2	0,2	0,62	0,9
Proteínas (g/100g)	4,4	2,1	3,05	2,9
Carboidratos (g/100g)	16,6	4,8	4,12	5,4
Fibras totais (g/100g)	0,7	3,9	3,89	4,5
Cinzas (g/100g)	1,1	--	--	1,5
Cálcio (mg/100g)	--	--	77,63	141
Magnésio (mg/100g)	--	--	23,82	38
Valor Energético (Kcal/100g)	--	30	34,26	34

Fonte: Autores (2022)

A umidade encontrada no estudo de Dididni (2019) se assemelha aos valores tabelados na TACO (2011), sendo levemente menor. Ambos os valores (86,4 e 89,2) sugerem que esse alimento está mais suscetível a diversos tipos de deterioração. No entanto, em Ramos et al. (2020) o valor cai para (77,1), na qual a margem de crescimento de microrganismos de deterioração passa a diminuir, quando comparado aos anteriores.

Quanto aos macronutrientes encontrados, foi possível notar que em todos os estudos analisados os resultados encontrados foram menores em relação à TACO (2011), quando se trata dos lipídios, visto que o valor referencial dela é de (0,90) e os números em ordem decrescente foram, respectivamente, (0,62; 0,20 e 0,20), uma das razões para essa diferença pode ser explicada por diferentes solos e períodos de extração (Botrel et al., 2020; Ramos et al., 2020; Didini, 2019).

Na análise de proteínas houve uma variedade de números levemente maiores do que os dados já elencados anteriormente. Dessa maneira, o valor de referência da tabela TACO (2011) de (2,9) foi bem parecido com o valor (2,1) caracterizado por Didini (2019). Ademais, esse mesmo número foi um pouco inferior ao encontrado nas análises de Botrel et al. (2020), e de Ramos et al. (2020), haja vista que nesse estudo foram achados respectivamente (3,05 g/100g e 4,4 g/100g).

Em relação à quantidade de carboidratos presentes nas folhas da Taioba, verificou-se que os valores da TACO (2011) foram mais elevados que os avaliados, com exceção do estudo de Ramos et al. (2020). Desse modo, os (16,6) foram consideravelmente mais altos que os (5,4) utilizados como valor de referência. A partir disso, o estudo que mais se aproximou da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos foi o de Didini (2019), seguido por Botrel et al. (2020).

Um importante aspecto a ser avaliado é a quantificação de fibras presentes no alimento, pois existe uma quantidade mínima de fibras, a qual precisa ser ingerida pelo organismo – assim como existem quantidades ideais para os carboidratos em geral, lipídeos e proteínas. Dessa forma, a Taioba se apresenta como um alimento que pode ajudar na constituição desse valor, visto que possui um aporte nutricional adequado, para auxiliar na homeostasia do corpo. A partir disso, verificou-se que os (3,89 e 3,9 g/100g) visualizados por Didini (2019) e Botrel et al. (2020) foram relativamente inferiores do que o presente na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, o qual foi de (4,5). Entretanto, tais números foram muito superiores aos descritos por Ramos et al. (2020), onde havia somente (0,70 g/100g) de fibras entre os seus constituintes.

Os dados para as cinzas não foram descritos Didini (2019) e Botrel et al. (2020), tornando as análises de Ramos et al. (2020) as únicas passíveis de comparação. Desse modo, foram achados 1,1 g/100g, o que foi superficialmente abaixo que os 1,5 descritos na TACO (2011).

A partir disso, dentre as análises de macrominerais, foram selecionados o cálcio e o magnésio, onde suas quantificações estiveram presentes apenas em Botrel et al. (2020). Com isso, o valor de cálcio descrito foi de (77,63 mg/100g), sendo bem inferior aos (141 mg/100g) especificados na tabela referencial. Paralelamente a isso, o magnésio teve a quantia de (23,82), no qual qual também foi menor que os (28 mg/100g).

O valor energético, item fundamental na análise, obteve valores muito semelhantes entre os estudos utilizados, com exceção das pesquisas de Ramos et al. (2020), no qual não houve uma descrição explicita. Nos demais, os níveis de Didini (2019), onde haviam 30 Kcal/100g teve aproximação em relação 34 Kcal/100g descritos na TACO (2011) e foram rasteiramente menores que os 34, 26 visualizados por Botrel et al. (2020).

Assim, pode-se constatar que elementos como umidade e valor energético pouco variaram de um estudo para o outro. No entanto, apesar da maioria dos números se manter em um patamar de similaridade, houve casos em que um dos estudos se destoou mais, em questão de quantidades, como o teor de lipídios de Ramos et al. (2020) e de Didini (2019), que apesar de iguais, foram muito menores que os demais parâmetros.

Na caracterização de Ramos et al. (2020), os índices de carboidratos foi de (16,6) sendo extremamente superior a todas as pesquisas restantes, ao passo que a quantidade de fibras encontradas foi muito inferior tanto em relação à TACO (2011), quanto aos dois estudos semelhantes.

Tais discrepâncias podem ter ocorrido por diversos motivos, dentre eles a diferença natural entre uma espécie e outra; o solo, em que foram cultivadas as amostras antes de chegar aos laboratórios; o clima onde essas plantas estavam inseridas; o acesso à água e, até, mesmo as condições de análises feitas durante as pesquisas (AGBEDE, 2020; DE JESUS, 2022).

Vale ressaltar que a qualidade do solo interfere, diretamente, na concentração de nutrientes da planta e no crescimento da folha, assim como, estudos mostram que a exposição à luz solar pode caracterizar o aumento dos alcaloides e outras substâncias presentes na planta. Ademais, adubar a terra pode concentrar, de forma significativa, os compostos inorgânicos da taioba. Desse modo, torna-se evidente que as condições em que as amostras de taioba analisadas cresceram, nos diferentes estudos, possuem uma relação direta, com as variações apresentadas de quantidades de macro e micronutrientes (AGBEDE, 2020; DE JESUS, 2022).

Nesse sentido, de acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO), a Taioba apresenta cerca de 89,2% de umidade, 2,9 g de proteínas, 0,9 g de lipídios, 5,4 g de carboidratos, 4,5 g de fibra alimentar e 1,5 g de cinzas. Esses dados seguem ao encontro com os apontados por SOUZA (2019), BOTREL (2020) e DIDINI (2019). Ainda segundo SOUZA (2019), há algumas pequenas variações apresentadas entre os resultados podem por diferenças na hora da coleta dos dados ou na própria amostra.

3.3. CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL

3.3.1. NUTRIENTES CONTIDOS NO CAULE E NAS FOLHAS

Quanto a sua composição nutricional, a Taioba possui a utilização alimentar de todos seus constituintes desde a folha, caule e rizoma. Desse modo o caule e as folhas da taioba possuem nutrientes importantes como o fósforo, no qual integra as membranas fosfolipídicas do corpo humano, atua diretamente em funções do sistema nervoso, além de atuar diretamente na formação de DNA e RNA, dentre outras funções (BIRD et al., 2021). Também está presente o ferro, em sua forma não heme, proveniente de tecidos vegetais, dentre suas funções, participa da estrutura da hemoglobina, molécula que distribui o oxigênio para os tecidos do corpo, e na função de algumas proteínas dependentes do ferro (SHUMORY et al., 2021).

No caule e na folha também são encontrados vitaminas lipossolúveis como a A, no qual é uma vitamina lipossolúvel sendo importante para prevenir problemas relacionados à visão como a cegueira noturna, atua como antioxidante e fortalecimento da pele, importante para renovação celular (BLANER et al., 2021). Além de vitaminas hidrossolúveis como a Vitamina C, considerado um antioxidante poderoso, atua no fortalecimento do sistema imunológico, produção de colágeno, além de ser coator na síntese de noradrenalina e dopamina, e está presente na absorção de ferro (MILANI et al., 2021).

As vitaminas do complexo B, como B1 e B2, também fazem parte da composição nutricional do caule e da folha de taioba. A vitamina B1 é essencial para o funcionamento adequado do metabolismo de neurotransmissores, participa do complexo que descarboxila o piruvato para convertê-lo em acetil-coA e ao mesmo tempo gera nicotinamida adenina dinucleotídeo (NADH), esses dois últimos geram moléculas de energia para o corpo (SAMBON et al., 2021). Já a vitamina B2, também conhecida como riboflavina, que o corpo usa para o metabolismo de proteínas, carboidratos e gordura na produção de glicose, é um antioxidante. Além disso, age também na produção de DNA e na ativação do ácido fólico (MAHABADI et al., 2022).

As fibras alimentares compõem as PANC, as fibras são compostos classificados como solúveis, no qual são viscosas e fermentáveis no colón, por exemplo a pectina; e em fibras insolúveis, no qual sua ação é o aumento do bolo fecal, porém sua fermentação no cólon é limitada, um exemplo de fibra insolúvel é o farelo de trigo. Parte dos efeitos positivos de ingestão de fibras se dá por uma parte de sua fermentação ocorrer no intestino grosso, trazendo impacto na questão de velocidade do trânsito intestinal, ph do colón, e na produção de subprodutos com significativa função fisiológica (VITÓRIA, 2018).

3.3.2. NUTRIENTES CONTIDOS NO RIZOMA

No rizoma da taioba é encontrado amido, o amido é um carboidrato formado por polissacarídeos chamados de amilose e amilopectina, essas duas moléculas de glicose possuem estruturas diferentes e estão relacionadas principalmente com os aspectos funcionais do amido. O amido é a principal reserva de energia das plantas, e fica armazenado em leucoplastos ou amiloplastos. Por ser uma grande fonte de carboidrato, o amido é uma importante fonte de energia para o corpo humano (CAI et al., 2021). A caracterização da amilose é em formato linear unida por ligações glicosídeas (α-1,4) já a amilopectina é ramificada, em um polímero de maior peso molecular quando comparada a amilose, suas ligações são (α-

1,6) as proporções desse polissacarídeo na composição do amido variam conforme sua fonte (DIYANA et al., 2021; TAO et al., 2018). A figura 5 representa o tubérculo da taioba.

Figura 5 – Tubérculo da Taioba

Fonte: Autores (2022)

Além de fonte de amido o tubérculo da taioba possui vitaminas A e C, proteínas, minerais como ferro, cálcio, entre outros. Segundo Souza (2018), o rizoma de taioba está em sexto lugar entre os tubérculos mais importantes do mundo, além de ser uma opção de alimento para pessoas que possuem diabete mellitus do tipo 2, uma vez que tem baixa disponibilidade de seus amidos, refletindo no retardo de absorção de glicose e diminuição de glicemia pós-prandial.

3.4 COMPOSTOS BIOATIVOS

Em pleno século XXI, apesar dos constantes avanços na área da saúde, a definição de composto bioativos ainda permanece incerta em algumas literaturas. Entretanto, a ideia mais aceita é de que são substâncias, que possuem a capacidade de interagir com componentes presentes no tecido vivo, resultando em uma reação ou um efeito sobre esse, tanto de forma positiva, quanto de forma negativa. Nesse contexto, essa atuação vai ser modulada por questões associadas, principalmente, à biodisponibilidade e à natureza do composto, as quais vão determinar seus efeitos farmacológicos ou toxicológicos (WALIA; GUPTA; SHARMA, 2019).

A partir disso, os principais compostos bioativos encontrados na Taioba são o ácido ascórbico, os flavonóides, os polifenóis em geral, a clorofila, entre outros. Essas substâncias possuem uma estrita relação de benefícios, associada a suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, protetora das funções hepáticas, neurológicas, dentre outras. Diante desse cenário, sabe-se que para dispor dessas vantagens é necessário a obtenção deles, por meio do consumo dietético, o qual ocorre, normalmente, depois do cozimento, que se configura em uma interação entre água e calor (SANTOS et al., 2022). Na tabela 3 podemos ver a composição de compostos bioativos presentes na folha da taioba.

Tabela 3 – Compostos bioativos da folha da *Xanthosoma sagittifolium*

Itens	Santos et al, 2022	Araújo et al, 2019	Jordan et al., 2021	Avellar et al., 2018
Flavonóides (mg/100g)	17	-	-	55,00
Ácido Ascórbico (mg/(100g)	58,3	87	561,60	-
Clorofila (mg/100g)	7,54	8,94	383,22	272,81
Compostos fenólicos totais (mg AGE/g)	27,35	5,33	83,20	2,61

Fonte: Autores (2022)

Os Flavonoides, também conhecidos como fitonutrientes ou fitoquímicos, fazem parte do grupo de compostos, os quais são os principais constituintes dos polifenóis, tendo seis subclassificações, são estas: antocianinas, flavonas, isoflavonas, flavanonas, flavanóis e flavonóis. No estudo de Santos et al. (2022) foi encontrado o teor (17mg/100g) de flavonoides, um resultado abaixo em comparação ao encontrado por Avellar et al. (2018) no qual foi (55mg/g). Essas diferenças podem ser explicadas pela realização do estudo ter sido feita em regiões diferentes, devido a toda questão do solo e plantio, além da preparação de amostras, entre outras.

Quanto à análise de ácido ascórbico a análise de Jordan (2021), atingiu um resultado bem significativo (561,60 mg/100g) quando comparado com os valores obtidos pelos demais pesquisadores, já em comparação com outras PANC como Ora-pro-nobis *(Pereskia aculeata* Miller), Vieira e Cavalcante (2021) atingiu o valor de (86,99mg/100g) de ácido ascórbico. Esses valores são significativos para pontuar os elevados níveis de ácido ascórbico no qual as PANC possuem.

Na análise de clorofila nas folhas de taioba, os valores encontrados pelos autores foram bem variados, na folha in natura o estudo de Jordan et al. (2021), obteve o resultado mais elevado entre as análises, quanto comparada com outro vegetal como o Jambu (*Acmella oleracea*), uma pesquisa de Nascimento (2019) com diferentes formas de plantio de jambu, relatou o valor de (25,33 mg/100g) para folha convencional. Essas diferenças nos resultados da pesquisa podem estar associadas devido à produção do pigmento da clorofila estar relacionado com a maior área foliar do vegetal, e a menor intensidade de luz, água e riqueza do solo recebida, alguns estudos também apontam que os pigmentos da clorofila podem ser influenciados pela existência de compostos como ferro, potássio e bases nitrogenadas em sua composição (ROCA et al., 2018; XIE et al., 2018).

Os compostos fenólicos são compostos por uma estrutura de pelo menos um anel aromático com um ou mais grupos hidroxilas, e recebe a classificação de flavonoides ou não flavonoides, uma de suas principais funções é antioxidante, além de anti-inflamatórias, cardio protetoras e etc (FIDELIS, 2019). Os resultados encontrados por Santos et al (2022) e Jordan et al (2021), demostraram a presença significativa de compostos fenólicos na folha da taioba, comparando a matéria-prima com outra PANC, no estudo realizado por Rodrigues et al. (2020) na vinagreira (*Hibiscus sabdariffa* L.) obteve o resultado de (79,22mg/100g) de compostos fenólicos, valor abaixo do encontrado por Jordan et al. (2021). É importante pontuar que vários fatores podem interferir nos resultados de compostos fenólicos totais, como características edafoclimáticas, preparação de amostra, entre outras.

4 TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Estudos apontam para a presença de alcaloides nessa espécie e que, quando consumida sem a fervura, há o potencial de ação hepatotóxica, nefrotóxica, imunototóxica e neurológica (SILVA et al., 2022). Os alcalóides são compostos naturais em forma de anel, que apresentam átomos de nitrogênio (HU et al., 2018). Além disso estes compostos podem estar contidos nos alimentos funcionais e nutracêuticos e têm ganhado relevância para a prevenção e/ou manejo do estresse oxidativo e doenças mediadas por inflamação (ALASVAND, 2019). Entretanto, vários estudos têm mostrado que métodos como fervura, fermentação e torração podem reduzir os efeitos dos fitatos (WADA et al., 2019).

As folhas da taioba são utilizadas na alimentação em iguarias como sopas e molhos. Segundo Lana (2021) as folhas de taioba são consumidas cozidas devido aos seus fatores antinutricionais, sendo indicada como substituta do espinafre para várias preparações, como tortas, quiches, ou sanduíches. Estas folhas são rasgadas entre as nervuras, refogas ou cozidas, junto com seus talos, esse tempo de cozimento precisa ser maior do que o utilizado pelo espinafre ou pela couve, pelo fato dessa folhosa ser mais consistente. A

conservação dessa PANC precisa ser em geladeira, em sacos ou vasilhas, e pode ser consumidas em até uma semana (BOAKYE et al., 2022).

Quanto ao seu rizoma segundo Silva et al. (2022), o rizoma é descascado, moído, cozido e utilizado misturando-o com purês, com arroz, com carnes, com sopas ou com massas, entre outros. A extração de amido do rizoma da taioba é um dos maiores interesses pela indústria de alimentos, uma vez que a matéria-prima é nova. A aplicação de amido na indústria é por conta de suas características, no qual pode ser utilizado como espessante, estabilizante, para melhorar a textura dos alimentos. O amido é bem versátil, podendo também ser utilizado para fabricar papelão, na indústria farmacêutica, além da produção de biofilmes biodegradáveis. (BOAKYE et al., 2022).

A indústria conhece três tipos de amidos, nos quais são o resistente, o modificado e o pré-gelatinizado. Esse termo de "amido resistente" foi instituído inicialmente em 1982, quando cientistas observaram que alimentos processados eram constituídos maior teor aparente de polissacarídeos não amiláceos do que os produtos crus equivalentes. O amido resistente é considerado uma fração que não fornece glicose, sendo fermentada no intestino grosso, produzindo ácidos graxos de cadeia curta e gases. Por este motivo, o amido resistente é comparado com a fibra alimentar, sendo componente desta (FERRONATO et al., 2020; RADÜNZ et al., 2018).

Os amidos modificados surgiram pelo fato do amido nativo te um uso limitado na indústria, dessa forma modifica-se o amido para incrementar ou inibir suas propriedades originais para adequar esse produto para determinada especificidade como, aumento de brilho, melhorar a sensação de paladar, entre outros. O amido pré-gelatinizado é uma solução de amido (em geral a 35%) depositado sobre um cilindro que está aquecendo, o amido cozido é seco, deixando uma taxa de umidade residual da ordem de 6% a 8%, o amido pré-gelatinizado é utilizado para o preparo de alimentos instantâneos, além de alimentos de padaria, pudins, entre outros. Desse modo, o amido do rizoma de taioba, surge como potencial matéria-prima para agregar valor aos produtos de diversos segmentos da indústria (BORBA et al., 2021; CASTRO et al., 2020).

5. CARACTERIZAÇÃO FUNCIONAL

A Taioba conta com a presença de diversos micronutrientes que auxiliam no bom funcionamento do organismo, como: vitamina C, vitamina B2, B6, ferro, cálcio, potássio, fosforo e cobre. Desse modo, seu consumo pode ter função medicinal, atuando contra febre, pólipo, câncer, tumores, inflamação e outros fins fitoterápicos (DA SILVA, 2022).

A Taioba possui uma quantidade significativa de cálcio, tanto em suas folhas, como em seu pecíolo – pequena parte que liga as folhas ao caule. Com isso, o consumo de 56 – 67 gramas de folhas de Taioba ou 100 gramas de pecíolos garante uma ingestão adequada de cálcio, o qual é por volta de 1-1, 2 gramas por dia para adultos. Assim, o consumo de taioba pode ser um aliado na prevenção da osteoporose, uma doença que apresenta altas taxas de mortalidade, acometendo principalmente idosos e mulheres na pós menopausa (DE SOUZA, 2019).

A quantidade de magnésio presente, principalmente nas folhas da taioba, pode ser de grande interesse para pessoas com baixa sensibilidade à insulina, visto que o magnésio no interior das células musculares tem a capacidade de aumentar a capacidade de resposta à insulina desses tecidos, por meio da interação com a composição da camada fosfolipídica celular (DE SOUZA, 2019). Segundo MBA (2021), a Taioba possui propriedades antioxidantes que ajudam na prevenção da degradação de biomoléculas, como os ácidos nucleicos (DNA e RNA), proteínas e lipídeos e isso se dá graças aos fitoquímicos encontrados em sua composição.

A Taioba é um forte aliado contra distúrbios metabólicos, como o diabetes tipo 2 e na obesidade, isso ocorre, porque, após o seu cozimento, a planta apresenta uma quantidade significativa de amidos de digestão lenta e de amidos resistentes, além do alto teor de fibras presentes. Dessa forma, essas duas propriedades vão atuar sobre o controle glicêmico, a digestão e a sensação de saciedade, contribuindo assim no controle das doenças (MBA, 2021).

Segundo estudos de Santos et al. (2022), Araújo et al. (2019) e Markusse et al. (2018) a Taioba é uma PANC rica nutricionalmente de compostos fenólicos, carotenoides, clorofila, compostos bioativos. Esses nutrientes são importantes para manutenção da saúde humana, visto que eles podem atuar como antioxidantes, ativando enzimas, auxiliando no fortalecimento imunológico, prevenindo doenças virais e bacterianas, possuem participação na redução de doenças relacionadas ao sistema cardiovascular e em

processos neurodegenerativos, efeitos anticancerígenos, hipoglicemiante, além de serem anti-inlamatórios (FANG et al, 2018; JIAO et al, 2018; SCHIASSI et al., 2018).

6. CONCLUSÃO

Diante do exposto neste trabalho, as PANC são plantas sub exploradas que apresentam alto valor culinário. Nesse sentido, o estudo referente a *Xanthosoma sagittifolium* avaliou as propriedades da matéria-prima, mais comumente conhecida como Taioba. Essa espécie de planta apesar de ser oriunda da América, tem o continente africano como o maior cultivador e consumidor dela.

O estudo analítico da Taioba demonstra que ela é cultivada e muito utilizada na culinária por ser uma fonte de energia e fonte proteica. Ademais, seu caule, rizomas e folhas são utilizados por apresentarem diversos nutrientes, como amido, e algumas vitaminas do complexo B, vitaminas A e C, e diversos minerais como ferro, zinco e cobre, possui compostos biativos, no qual são importantes para manutenção da saúde, visto que muitas pessoas possuem carências nutricionais. Dessa forma, conclui-se que essa PANC tem uma importância muito grande na sobrevivência de muitos povos, tanto pela sua capacidade alimentícia, quanto pelos seus compostos nutricionais e funcionais, além de ser uma importante matéria-prima para a tecnologia industrial.

REFERÊNCIAS

[1] AGBEDE, T. M. et al. Effects of biochar and poultry manure on soil properties, growth, yield and quality of cocoyam (Xanthosoma sagittifolium Schott) grown in sandy soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis, v. 51, n. 7, p. 932-947, 2020.

[2] ALASVAND, Masoud. Antiangiogenic effect of alkaloids. Oxidative medicine and cellular longevity. [S.l], Vol. 2019, p. 9475908, abr. 2019.

[3] ARAÚJO, S. S.; ARAÚJO, P. S.; GIUNCO, A. J.; SILVA, S. M.; ARGANDOÑA, E. J. S. Bromatology, food chemistry and antioxidant activity of Xanthosoma sagittifolium (L.) Schott. Emirates Journal of Food and Agriculture, p. 188-195, 2019.

[4] ARAÚJO, F.; NAVARRO, L.; COELHO, R.; SILVA, E.; SILVA, O.; FELIX, A. Análise Físico-química dos Alimentos. Belo Horizonte: Pantanal, p. 81, 2021.

[5] Avellar, GS, Andrade, RM, Brito, LM, Carlos, LDA, & Clarete, E. (2018). Compostos bioativos presentes em hortaliças não tradicionais cultivadas em hortas urbanas em Sete Lagoas-MG. Cadernos de Agroecologia.

[6] BIRD, R. et al. Advances in nutrition and food research: the latest research and development of minerals in nutrition. 96.ed. [S.l]: Elsevier, p. 426, 2021.

[7] BLANER, W. et al. Vitamin A and Vitamin E: Will the real antioxidante survive?. Revisão anual de Nutrição. [S.l.]. Vol. 41. p. 105-131. Out. 2021.

[8] BOAKYE, A.; WIREKO-MANU, F.; ODURO, I.; ELLIS, W.; GUDJÓNSDÓTTIR, M.; CHRONAKIS, I. Utilizing Cocoyam (Xanthosoma sagittifolium) For Food and Nutrition Security: A Review. Gana: Wiley. 703 – 7013 p, 2018.

[9] BORBA, V. S.; SILVEIRA, C. O.; ALVES, J. B.; GROPELLI, V. M.; BADIALE-FURLONG, E. Modificações do amido e suas implicações tecnológicas e nutricionais. Ciência E Tecnologia De Alimentos: Pesquisa E Práticas Contemporâneas. Editora Científica Digital, 2021.

[10] BOTREL, Neide. Nutritional value of unconventional leafy vegetables grown in the Cerrado Biome/Brazil. Brazilian Journal of Food Technology, [s. l.], v. 23, 26 fev. 2020.

[11] JAIMES C., L. J. ; GIRALDO M., A. M. ; CORREA C., H. J. From Parmentier to Van Soest and beyond: a historical analysis of the concept and methods of fiber determination in ruminant feed. Livestock Research for Rural Development, [S. l.], v. 30, n. 7, p. 1-9. 2018.

[12] CAI, T. et al. Cell-free chemoenzymatic starch synthesis from carbono dioxide. Science. [S l], Vol. 373, n.6562. p. 1523-1527, out. 2021.

[13] CASTRO, D. S. de; MOREIRA, I. dos S.; MELO, B. A. de; GOMES, J. P.; SILVA, W. P. da. Sensorial assessment of added ketchup of pitomba seed starch. Research, Society and Development, [S. l.], v. 9, n. 8, p. e985986774, 2020.

[14] COUTO, L. et al. Plant tannins and polyphenols. 1.ed Diamantina: UFVJM, p. 74, 2021.

[15] SILVA, G.M.; ROCHA, N. C.; SOUZA, B. K. M.; AMARAL, M. P. C.; CUNHA, N. S. R.; MORAES, L. V. S.; GEMAQUE, E. M.; DUTRA, C. D. T.; MOURA, J. S.; MENDES, P. M. The potential of non-conventional food plants (PANC): a literature review. Brazilian Journal of Development, v. 8, n. 2, p. 14838-14853, 2022.

[16] BENEVIDES, C. M. J.; SILVA, H. B. M.; LOPES, M. V.; MONTES, S. S.; SILVA, A. S. L.; MATOS, R. A.; JUNIOR, A. F. S.; SOUZA, A. C. S.; BEZERRA, M. A. Multivariate analysis for the quantitative characterization of bioactive compounds in "Taioba" (Xanthosoma sagittifolium) from Brazil. Journal of Food Measurement and Characterization, v. 16, n. 3, p. 1901-1910, 2022.

[17] DIDINI, C. Perfil Químico e Capacidade Antioxidante de Plantas Alimentícias Não Convencionais Encontradas no Rio de Janeiro. 2019. 108P. Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

[18] DIYANA, Z.N.; JUMAIDIN, R.; SELAMAT, M.Z.; GHAZALI, I.; JULMOHAMMAD, N.; HUDA, N.; ILYAS, R.A. Physical properties of thermoplastic starch derived from natural resources and its blends: A review. Polymers, [s. l.], v. 13, n. 9, p. 5–20, 2021.

[19] FIDELIS, M. Otimização Da Extração De Compostos Fenólicos, Atividade Antioxidante, Antimicrobiana E Antiproliferativa De Sementes De Myrciaria dubia (H.B.K.) Mcvaugh e Myrciaria cauliflora (Mart.) O.Berg. 2019. 113P. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Paraná, 2019.

[20] FERRONATTO, A. N.; ROSSI, R, C.; CAPPELLARI, F. Resistant Starch: Functional Food Alternative to Glucose Homeostasis, Decrease of Fat Profi le and Gut Microbiota Modulation. Revista Saúde e Desenvolvimento Humano. Canoas, v. 8, n. 2, 2020. ISSN 2317-8582

[21] HU, X. et al. Antiproliferative effects of alkaloid evodiamine and its derivatives. International Journal of Molecular Science. [S.l], Vol. 19, n. 3043., out. 2018.

[22] JORDAN, R. A.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; FERREIRA, O. M.; QUEQUETO, W. D.; SIQUEIRA, V. C.; MENDOZA, V. S.; FLOZINO, G. K. M.; SANCHES, I. S.; SANCHES, E. S.; ANTUNES, B. M. Effect of drying systems and conditions on specific energy consumption and taioba (Xanthosoma sagittifolium schott) bioactive compounds. Research, Society and Development, v. 10, n. 7, e21610716512, 2021.

[23] JUNIOR, A.; PLATINETTI, G.; SILVA, J.; BERNICCHI, A.; CARVALHO, M.; SOUZA, M.; NETO, R.; FELICIANO, P. Processamento da Taioba (Xanthosoma Taioba) Para a Produção de Farinha e Utilização em Produções Gastronômicas. Rio de Janeiro: INIC, p. 6, 2018.

[24] LANA, M. M.; TAVARES, S. A. (Ed.). 50 Hortaliças: como comprar, conservar e consumir. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 209 p. il. color. Atualizado: Embrapa Hortaliças. Fev.2021.

[25] LIU, Keshun. Effects of sample size, dry ashing temperature and duration on determination of ash content in algae and other biomass. Algal Researc, [S. l.], v. 40, p. 1014865, jun. 2019.

[26] MAHABADI, N. et al. Riboflavin deficiency. StatPearls. [S l]. 2022.

[27] MBA, C.J.; AGU, H. O. Developments on Bioactive Compounds and Food Uses of Tubers: Colocasia esculenta (L) Schott (Taro) and Xanthosoma sagittifolium (L) Schott (Tannia), 2021.

[28] MILANI, G. et al. Vitamin C in the treatment of Covid-19. Nutrients. [S.l.], Vol. 13. n. 4, 1172 p., 2021.

[29] NASCIMENTO, L. E. S. Jambu (Acmella oleracea (L.) R.K. Jansen) Hidropônico E Convencional: Uma Comparação Baseada Nas Propriedades Físico-Químicas E Composição Fitoquímica. 2019. 129P. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2019.

[30] RADÜNZ, M.; RIBAS, B. L. P.; AREJANO, G. G.; CAMARGO, T. M.; HACKBART, H. C. S.; RADÜNZ, A. L.; Biological Activities Of Resistant StaRch And Other Nondigestible Oligosaccharides: A Brief Review. Visão Acadêmica, Curitiba, v.19, n.3, 2018-ISSN 1518-8361.

[31] RAMOS, Amanda da Silva et al. Calcium oxalate content from two Amazonian amilaceous roots and the functional properties of their isolated starches. Food Science and Tecnology, [s. l.], 2020.

[32] ROCA, M.; CHEN, K.; PÉREZ-GALVEZ, A.: Chlorophylls. In: CARLE, R.; SCHEWEIGGERT, M. R. (Org.). Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages: Industrial Applications for Improving Food Color. 1. ed. Woodhead Publishing, 2016. p.125-158.

[33] RODRIGUES, L. L.; SOUSA, M. M. S.; SILVA, J. N.; VIANA, L. T. M.; GOMES, F. O.; SOUSA, C. R. N.; ANDRADE, F. S.; LIMA, A. Vinagreira (HIBISCUS SABIDARIFFA, L.): determination of the total polyphenols content and antioxidant activity. BrazilianJournal of Development. Curitiba, v.6, n.11,p. 89305-89312, nov.2020.

[34] SAMBON, M. et al. Neuroprotective effects of thiamine and precursors with increased bioavailability: focus on benfotiamine and dibenzoylthiamine. International Journal of Molecular Sciences. Vol. 22, n .11, 5418 p., 2021.

[35] SAINI, R. et al. Advances in Lipid Extraction Methods—A Review. International Journal of Molecular Science. [S.l], Vol. 22, n 24. p.13643. 2021.

[36] SANTOS, Orquídea Vasconcelos dos et al. Determination of bioactive compounds obtained by the green extraction of taioba leaves (Xanthosoma taioba) on hydrothermal processing. Food Science and Technology, Campinas, 42, e22422, 2022.

[37] SHUMORY, H. et al. Dissecting the facts about the impacto f contaminant iron in human nutrition: A review. Trends in Food Science & Technology. [S.l], Vol.116, p. 918-927, 2021.

[38] SOUZA, J. S. S. Caracterização Nutricional, Fitoquímica E Biológica Da Taioba (Xanthosoma sagittifolium (L.) Shott). 2018. 72P. Dissertação (Mestrado em Alimentação e Nutrição) – Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2018.

[39] SILVA, G. et al. O potêncial das plantas alimentícias não convencionais (PANC): uma revisão de literatura. Curitiba v 8., n. 2, p 14838-14843, fev. 2022.

[40] VASCONCELOS, Orquídea. Análise de Alimentos. Belém, Faculdade de Nutrição, 134 p., 2022.

[41] VITÓRIA, C. B. M. Fibras e manifestações gastrointestinais em pacientes idosos hospitalizados no hospital universitário de Lagarto-SE. 2018. Monografia (Graduação em Nutrição) - Universidade Federal de Sergipe, Lagarto, 2018.

[42] VIEIRA, J. S.; CAVALCANTE, U. R. Hortaliças: plantas alimentícias não convencionais. Minas Gerais, 2021. p. 59-77.

[43] TACO. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO. 4ª Edição. Campinas – SP, 2011.

[44] TAO, K., C. LI, W. YU, R. G. GILBERT & E. LI, 2018. How amylose molecular fine structure of rice starch affects functional properties. Carbohydrate Polymers. 204: 24-3.

[45] WADA, E. et al. Proximate, mineral, and antinutrient compositions of indigenous Okra (Abelmoschus esculentus) pod accessions: implicantions for mineral bioavailability. International Journal of Food Science. [S.l.], vol 2019, nov. 2019.

[46] WADA, Eyasu et al. Genetic diversity of Ethiopian cocoyam (Xanthosoma sagittifolium (L.) Schott) accessions as revealed by morphological traits and SSR markers. PloS one, v. 16, n. 1, p. e0245120, 2021.

[47] WALIA, Aanchal; GUPTA, Amit Kumar; SHARMA, Vatsala. Role of Bioactive Compounds in Human Health. Acta Scientific Medical Sciences, [S. l.], v. 3, n. 9, p. 25-33, set. 2019.

[48] XIE, H.; YU, M.; CHENG, X. Leaf non-structural carbohydrate allocation and C:N:P stoichiometry in response to light acclimation in seedlings of two subtropical shade-tolerant tree species. Plant Physiology and Biochemistry, v. 124, p. 146-154, 2018.

[49] ZAMBRANO, Marina; DUTTA, Baishali; MERCER, Donald; MACLEANA, Heather; TOUCHIEA, Marianne. Assessment of Moisture Content Measurement Methods of Dried Food Products in Small-scale Operations in Developing Countries: A Review. Food Science & Technology, p. 484 – 496, 2019.

[50] ZERFU, Taddese Alemu; MEKURIA, Aleme. Pregnant women have inadequate fiber intake while consuming fiber-rich diets in low-income rural setting: Evidences from Analysis of common “ready-to-eat” stable food. Food Science & Nutrition, [S. l.], p. 3286–3292, 12 ago. 2019.

Capítulo 4

As propriedades nutricionais e funcionais do açaí branco (Euterpe oleracea Mart.): Uma Visão Comparativa

Camilly Emanuela do Nascimento Santos
Claudio Henrique Fonseca de Lima
Isabela Leyana Lameira Rolim
Klivia Martins Campos
Maria Victória Sena de Almeida Pereira
Pâmela Nascimento Knaul
Yasmin Silva Lemos
Samanta de Paula de Almeida Duarte
Orquídea Vasconcelos dos Santos

Resumo: O açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) é um fruto nativo da região Amazônia, cuja produção tem uma significativa contribuição para a economia do Pará, em decorrência da sua importância na alimentação diária, valores nutricionais, propriedades funcionais e a preferência do consumidor pelo sabor. Contudo, o açaí branco (*Euterpe oleracea*, Mart Var. Branco) está sendo cada vez mais consumido na região e são poucos os estudos relacionados a esta etnovariedade. A partir disso, o objetivo da pesquisa é verificar na literatura evidências das propriedades nutricionais e funcionais do açaí branco (*Euterpe oleracea* Mart.), comparando em alguns pontos com a forma mais conhecida desse fruto, o açaí roxo. Realizou-se uma pesquisa bibliográfica, com busca nas bases de dados BVS, MEDLINE (PubMed) e Science Direct de artigos científicos em periódicos, dissertações e teses, em inglês e português, de 2016 a 2022, utilizando-se como descritores "açaí branco", "nutricional" e “funcional” de forma isolada e combinados entre si pelo descritor boleano “AND”. Notou-se que o açaí branco é rico em macronutrientes (principalmente de lipídios e proteínas), possui um bom perfil de ácidos graxos em relação ao açaí roxo e há a presença de compostos fenólicos, o que confere a importância tanto nutricional quanto funcional do fruto para o consumo diário e, assim, contribuir na prevenção de doenças cônicas não transmissíveis, principalmente de doenças cardiovasculares.

Palavras chave: Açaí branco, Nutricional, Funcional, Composição.

1. INTRODUÇÃO

O açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma palmeira conhecida na região Amazônica, sendo as várzeas o habitat natural dessa espécie, entretanto, seu desenvolvimento pode ocorrer em matas de terras firmes (*Euterpe precatoria* Mart.), onde ocorre de maneira voluntária e espontânea (MINIGHIN *et al*, 2020a). No Brasil, a espécie do gênero *Euterpe* se desenvolve visivelmente nos estados do Pará, Amapá, Maranhão, Tocantins e Mato Grosso. O açaizeiro pode originalizar vários outros tipos de produtos decorrentes do seu fruto, sendo a polpa do açaí a forma mais comercializada nas populações regionais, mas há uma variedade de produtos originários do açaí, como: bebidas, doces, geleias e sorvetes (ALMEIDA *et al.*, 2021).

De acordo com Almeida *et al.* (2021), o açaí tem crescido e está sendo valorizado, não só na região norte do Brasil, mas também de maneira internacional. Devido ao seu consumo e poder de exportação, o fruto passa a ser conhecido por novas pessoas e países. Em Belém-PA, principal cidade de produção de açaí, o consumo é amparado de afeto e tradição, caracterizado como um dos principais acompanhamentos na mesa, influenciando diretamente na economia local e, por isso, considerado de fundamental importância socioeconômica para os estados produtores de açaí (SILVA *et al*., 2021).

O açaí branco (*Euterpe oleracea,* Mart Var. Branco), botanicamente considerado uma variação do açaí roxo (*Euterpe oleracea* Mart.), apresenta diferenças relacionadas com peso e coloração pela ausência de antocianinas em seu epicarpo, apresentando um epicarpo de cor verde escuro e o mesocarpo com coloração creme-esverdeado-claro. O açaí branco bem como o açaí roxo, são fontes essenciais para subsistência dos ribeirinhos sendo encontrado na região Amazônica de forma espontânea, todavia, a polpa de açaí branco está sendo cada vez mais comercializada nos principais centros urbanos da Amazônia, a cidade de Belém no estado do Pará é a maior produtora desse fruto (DE MATOS; YOKOMIZO; RIOS, 2020).

Com a crescente exploração e comercialização do açaí branco, pontos necessários precisam ser levantados, principalmente a respeito das suas características e valor nutricional. Com isso, o objetivo da pesquisa é verificar na literatura evidências das propriedades nutricionais e funcionais do açaí branco (*Euterpe oleracea* Mart.), comparando em alguns pontos com a forma mais conhecida desse fruto, o açaí roxo.

2. METODOLOGIA

A presente pesquisa é bibliográfica, de abordagem qualitativa básica, com objetivo descritivo acerca das propriedades nutricionais e funcionais do açaí branco. Realizou-se uma pesquisa bibliográfica, com busca nas bases de dados BVS, MEDLINE (PubMed) e Science Direct de artigos científicos em periódicos, dissertações e teses, em inglês e português, de 2016 a 2022, utilizando-se como descritores "açaí branco", "nutricional" e “funcional” de forma isolada e combinados entre si pelo descritor boleano “AND”.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 CONSTITUIÇÃO BOTÂNICA DO AÇAÍ

O gênero *Euterpe* possui uma das principais palmeiras brasileiras, tendo grande valor social e econômico, sendo as principais espécies exploradas comercialmente são: *Euterpe oleracea* Martins (‘açaí de várzea”), *Euterpe precatória* Martins (“açaí de terra firme”) e *Euterpe edulis* Martins (“açaí da Mata Atlântica”). Em relação a espécie produzida na região do estuário do rio Amazonas (Pará), chamada *Euterpe oleracea*, é uma das palmeiras mais produtivas, cujo fruto dessa palmeira que se obtém é o “suco de açaí”, uma bebida que faz parte do cotidiano dos moradores do Estado do Pará (FURLANETO *et al*., 2020).

Conforme Sousa *et al.* (2021), a espécie *Euterpe oleracea*, conhecida como açaizeiro, apresenta uma diversidade em suas populações. Entre os diferentes tipos de açaí estão o verde (também chamado de açaí branco), o espada, o açu, o chumbinho e o violáceo. Na tabela 1 a seguir mostra a taxonomia do açaí branco e do roxo.

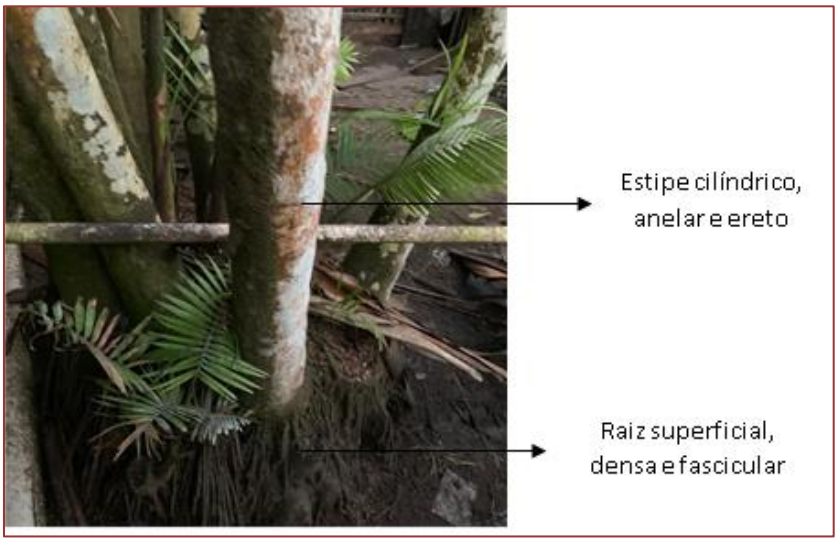
Tabela 1- Classificação taxonômica de açaí branco e roxo

	Açaí branco	Açaí roxo
Reino	Plantae	Plantae
Divisão	*Magnoliophyta*	*Magnoliophyta*
Classe	*Liliopsida*	*Liliopsida*
Subclasse	*Arecidae*	*Arecidae*
Ordem	*Arecales*	*Arecales*
Família	*Arecaceae*	*Arecaceae*
Subfamília	*Arecoidae*	*Arecoidae*
Gênero	*Euterpe*	*Euterpe*
Espécie	*E. oleracea* Mart.	*E. oleracea* Mart.
	Var. Branco	Var. roxo

Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (2017).

Pode-se observar na tabela 1 que a classificação taxonômica do açaí branco para o roxo não possui grandes diferenças, apenas na variação da sua cor, consequência da variabilidade genética do fruto (FURLANETO *et al.*, 2020). Quanto às características da espécie, esta é marcada por apresentar um caule múltiplo na fase adulta, podendo atingir até 45 estipes por touceira durante os estágios de crescimento. Esse estipe é caracterizado como liso, cilíndrico, anelado, ereto, às vezes encurvado, fibroso e sem ramificações. Acerca das raízes, elas são fasciculadas, densas e superficiais, providas de lenticelas e aerênquimas, com coloração avermelhada (observado na figura 1). Os frutos são produzidos em forma de drupas, obliquamente globulosos, configurando 70% do peso do cacho (SOUSA *et al*., 2021).

Figura 1- Aspectos botânicos



Fonte: Autores (2022).

A respeito das condições ideais de cultivo, o açaizeiro cresce em faixas climáticas com distribuição regular de chuvas e em áreas com umidade satisfatória no solo. As sementes, para produção de mudas, precisam ser obtidas de frutos recém despolpados para que haja um bom resultado na germinação, evitando a fermentação e proliferação de fungos. Essa fase germinativa leva em torno de 30 a 60 dias. Após esse período, as plântulas precisam ser repicadas, ou seja, é necessário fazer a transferência da semente pré-germinada para um recipiente, quando a plântula apresentar altura entre 3 a 4cm. O açaizeiro, com oito meses de idade, pode atingir até 76 cm de altura e 17 mm de altura, contendo até 5 folhas (SOUSA *et al*, 2021).

O açaí branco possui suas particularidades, em relação a botânica e a constituição do fruto, possuindo um epicarpo de cor verde escuro e o mesocarpo com coloração creme-esverdeado-claro e diferença quanto ao peso e formação do cacho, diferenciando do açaí roxo como mostra as figuras 2 e 3:

Figura 2- Açaí branco

Figura 3- Açaí roxo

Fonte: Autores (2022)

Portanto, pode-se notar uma diferença na coloração do epicarpo do açaí branco para o roxo, assim como de suas polpas. Enquanto o açaí branco possui uma cor mais esverdeada, o açaí roxo, mais comumente consumido no Brasil, possui uma cor mais roxa ou violácea. Tal fato ocorre em decorrência da variabilidade genética do fruto, o que faz com que suas características nutricionais possam também ser diferentes.

3.2. DADOS ESTATÍSTICOS

O Brasil é o maior produtor, consumidor e exportador do açaí-fruto. Atualmente, a expansão econômica, atinge mercados no sudeste do país e alguns países da Europa, Estados Unidos, Japão e China. No Brasil a safra de açaí, ano 2018, foi estimada em 1,3 milhões de toneladas, em uma área aproximada de 252 mil hectares (IBGE, 2019). Segundo o Instituto, pode-se verificar no quadro 1 que, o estado do Pará lidera o ranking de produção de açaí no Brasil, tendo o município de Igarapé-Miri como seu maior produtor.

Quadro 1- Estados produtores de açaí no Brasil

Ranking	Unidade federativa	Quantidade produzida (t)	%
	Brasil	1.339.517	100%
1º	Pará	1.274.056	95,11%
2º	Amazonas	57.701	4,30%
3º	Roraima	3.513	0,26%
4º	Bahia	1.846	0,13%
5º	Rondônia	1.152	0,08%
6º	Tocantins	930	0,06%
7º	Espírito Santo	159	0,01%
8º	Maranhão	120	0,008%
9º	Alagoas	40	0,002%

Fonte: Adaptado de IBGE (2019).

É válido ressaltar que o estado do Pará é responsável por cerca de 95% da produção do Brasil, sendo 83% advindos de cultivos e/ou áreas manejadas e 17% do extrativismo (IBGE, 2019). É importante salientar que 60% da produção é consumida pelos paraenses, 30% é comercializada para outros estados e 10% vai ao mercado internacional. O cultivo dessa palmeira é responsável por aproximadamente 70% da formação da renda dos extrativistas ribeirinhos (FURLANETO *et al.*, 2020).

O açaí amazônico tem 92,1% de sua extração concentrada nos estados da Região Norte. Em 2019 essa produção foi de 1,6 milhões de toneladas, ou seja, 6,4% abaixo da produção do ano anterior. Em termos de valor, a produção de 2019 apresentou retração de 21,5 %, totalizando R$ 3,03 bilhões (CONAB, 2020).

3.3. COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DO AÇAÍ

O açaí ganhou popularidade na América do Sul e tem sido considerado uma "superfruta' de forma global, visto seu potencial energético, nutritivo e saudável. A demanda por esse fruto é em especial pela indústria alimentícia, todavia, espera-se que no futuro a busca por esse fruto irá aumentar significativamente pelos outros setores, como no desenvolvimento de cosméticos, produtos de cuidados pessoais e nutracêuticos (MATTA *et al*., 2020).

É considerado um fruto de excelente valor nutricional, em decorrência do seu alto valor energético (elevado teor de lipídios e proteínas) e por apresentar uma boa composição de micronutrientes, dentre eles o potássio, cálcio, magnésio, manganês e ferro. Outrossim, há uma grande presença de compostos bioativos no açaí, principalmente de antocianinas (MINIGHIN et al., 2020b; MATTA *et al*., 2020).

Sabe-se que a variabilidade genética do açaí afeta as suas características e, consequentemente, faz com que a sua composição seja diferente dependendo do genótipo que é avaliado. Além disso, dentro do mesmo genótipo também podem ocorrer variações significativas, fato esse que ocorre com o açaí branco, considerado uma etnovariedade da espécie (FURLANETO *et al*., 2020). Por isso, a necessidade de avaliar a composição nutricional do açaí branco, além de que há poucos estudos sobre este tipo de açaí.

Dessa forma, entende-se que as análises de fatores como: sólidos totais, lipídeos, proteínas, carboidratos, fibras e cinzas, dos diferentes tipos de açaí, podem apresentar resultados diferentes em decorrência da mudança de genótipo (MINIGHIN *et al.*, 2020b). O açaí roxo, por exemplo, apresenta um destaque no seu teor lipídico, compostos fenólicos, valores relevantes de proteínas, fibras alimentares, macronutrientes e micronutrientes. Além disso, possui um valor glicêmico baixo, com níveis de açúcar assimiláveis (glicose, frutose e sacarose) e seu pH classificado como pouco ácido (FURLANETO *et al*., 2020).

É válido ressaltar que o açaí é um produto altamente perecível, logo, as suas características físico-químicas e sensoriais se alteram rapidamente dentro de 72 horas, mesmo que esteja sob refrigeração, além da oxidação das antocianinas e lipídeos, necessitando, portanto, de um cuidado na hora da realização das análises (FURLANETO *et al.*, 2020). Na tabela 2 a seguir demonstra a comparação de análises realizadas no açaí branco e roxo.

Tabela 2 - Resultados de análises físico-químicas realizadas na polpa do açaí branco e roxo

Análises (g/100g)	Minighin *et al.* (2020)		Matietto *et al.* (2016)					
	Açaí Grosso Branco	Açaí Grosso Roxo	Açaí Branco AM11	Açaí Branco AM12	Açaí Branco AM13	Açaí Roxo L22PL17	Açaí Roxo L4PL16	Açaí Roxo L14PL04
Umidade	84,91 ±1,83	82,74 ± 1,27	-	-	-	-	-	-
Sólidos Totais	15,09 ±1,83	17,26 ± 1,27	1,37 ±0,06	1,70 ±0,10	2,23 ±0,06	5,10 ±0,00	6,46 ±0,58	3,4 ±0,59
Cinzas	2,83 ±0,28	4,11 ± 0,24	3,31 ±0,13	3,17 ±0,07	2,65 ±0,10	3,96 ±0,09	3,78 ±0,06	4,68 ±0,02
Carboidratos	34,57 ±1,93	61,75 ± 1,90	32,63 ±0,28	40,61 ±0,49	32,28 ±0,05	43,46 ±0,25	36,04 ±5,36	54,02 ±0,54
Proteínas	8,15 ±0,92	8,79 ± 0,78	9,84 ±0,09	11,28 ±0,12	10,63 ±0,03	9,12 ±0,05	8,70 ±0,07	8,85 ±0,09
Lipídios	54,45 ±0,92	25,35 ± 1,85	52,28 ±0,25	39,96 ±0,44	51,36 ±0,06	42,33 ±0,31	47,33 ±0,06	30,74 ±0,55

Valores de médias ± desvio padrão obtidos por medições realizadas em triplicatas.

Fonte: Autores (2022).

Apesar de possuir pesquisas sobre a composição do açaí, é visto que são poucos os estudos sobre o açaí branco e comparando as variações genéticas do fruto (açaí roxo com o branco). Como pode-se observar na tabela acima, foram realizadas análises de composição físico-química no açaí branco e roxo: umidade, sólidos solúveis totais, cinzas, carboidratos, proteínas e lipídios.

Acerca do teor de sólidos solúveis totais, pode-se verificar na tabela que a presença destes se destacou no açaí roxo e nas duas pesquisas. Contudo, sendo mais discrepante na pesquisa de Matietto *et al.* (2016) do açaí roxo para o branco, com valores que variaram de 5,10 ±0,00, 6,46 ±0,58, 3,4±0,59 para 1,37 ±0,06, 1,70 ±0,10, 2,23 ±0,06, respectivamente. Devido a isso, os menores valores apresentados pelo açaí branco em comparação ao roxo, oferece um indicativo da presença de pouco açúcar nessa etnovariedade.

Em relação a cinzas, análise importante para a verificação de resíduos minerais, notou-se que o açaí roxo apresentou teores mais elevados que o açaí branco tanto na pesquisa de Minighin *et al.* (2020), quanto de Matietto et al. (2016). Porém, são necessárias mais pesquisas a respeito e de quais minerais podem estar presentes.

Conforme os resultados obtidos por Minighin *et al.* (2020a), a amostra de açaí branco apresentou maior conteúdo de lipídios, quase o dobro em relação ao açaí roxo. Em concordância com Matietto *et al.* (2016), em que se verificou um teor elevado de lipídios nos diferentes genótipos de açaí branco analisados. Sendo assim, pode-se dizer que o açaí branco apresenta um alto teor lipídico, necessitando de mais análises e análises específicas para dizer quais e em que proporções de ácidos graxos saturados/insaturados o fruto possui.

A respeito dos outros macronutrientes, carboidratos e proteínas, verifica-se um conteúdo menor de carboidratos no açaí branco, os quais são responsáveis por fornecer energia ao organismo. Enquanto que de proteínas, as pesquisas se diferem, na de Matietto *et al.* (2016) os teores no açaí branco são maiores que o encontrado no roxo, já na de Minighin *et al.* (2020a) mostra que no açaí roxo é maior.

A partir desses resultados, pode-se concluir que o açaí branco é rico em macronutrientes, principalmente de proteínas, lipídios e possui pouco açúcar. Contudo, é preciso mais estudos acerca dessa etnovariedade e dos inúmeros benefícios nutricionais que pode trazer a saúde.

3.4. PROPRIEDADES FUNCIONAIS NO AÇAÍ

Os alimentos funcionais são aqueles alimentos que além da função nutricional, possuem benefícios para o bom funcionamento do organismo humano, proporcionando benefícios à saúde do homem. São benefícios como a modulação da fisiologia do organismo estimulando efeito antioxidante e anti-inflamatório, características que são encontradas no açaí, dito um alimento funcional que tem ganhado destaque devido seu conteúdo de ácidos graxos que estão relacionados com a diminuição de LDL e aumento da ação de enzimas antioxidantes (DE OLIVEIRA; SCHWARTZ, 2018).

Ademais, o açaí possui em sua composição a presença de compostos fenólicos, como flavonoides, antocianinas e ácidos fenólicos, os quais são antioxidantes e, portanto, atuam na eliminação dos radicais livres e podem exercer efeitos protetores no organismo; além de possuir um alto teor de fibras que ajudam no trânsito intestinal (MINIGHIN *et al.*, 2020b).

3.4.1. TEOR DE ÁCIDOS GRAXOS

Os ácidos graxos são ácidos monocarboxilícos da dieta humana, sendo a principal classe de lipídeos que apresentam importantes funções no organismo humano e podem ser encontrados como ésteres de glicerol que formam os triacilgliceróis (MINIGHIN *et al.*, 2020a).

Em relação a sua classificação, os ácidos graxos são classificados em saturados e insaturados, de acordo com a presença ou não de duplas ligações entre os carbonos. Os que apresentam ausência de insaturação (dupla ligação), número par de átomos de carbono e a cadeia sem nenhuma ramificação, são classificados como saturados. Já aqueles que apresentam uma ou mais de duas insaturações duplas entre os carbonos, são chamados de insaturados, sendo ainda subdivididos em: monoinsaturados, com apenas uma insaturação, isto é, apenas uma dupla ligação ou poli-insaturados possuindo duas ou mais insaturações (BAYLÃO; ARAÚJO; FERREIRA, 2021).

Os ácidos graxos podem ser de origem animal e vegetal como em óleos e gorduras. Destacam-se entre os ácidos graxos saturados o mirístico, palmítico e esteárico. Sendo o palmítico o principal ácido graxo

saturado da dieta humana, possuindo relação com o aumento à resistência à insulina. Outrossim, também está relacionado com o aumento do colesterol total e do "colesterol ruim" (LDL) no sangue, ocasionando riscos de doenças cardiovasculares. Os ácidos monoinsaturados (MUFAs) são representados pelos ácidos palmitoléico e oléico. Por outro lado, as famílias de ω-3 e ω-6 representam os ácidos poli-insaturados (PUFAs), ambos sendo ácidos graxos essenciais, que no açaí branco estão na porcentagem de 11,9% para linoleico (ω-6) e 0,6% para alfa-linolênico (ω-3) (MINIGHIN *et al*., 2020a).

Os ácidos graxos poli-insaturados linoleico e alfa-linolênico são classificados essenciais, pelo fato de serem compostos em que o ser humano não é capaz de sintetizar, obtendo-os apenas através da alimentação. São de extrema importância ao organismo, pois há presença desses AGPIs atuam em funções significativas para a homeostase do organismo, como na restauração de impulsos nervosos; no desenvolvimento celular; na precaução de doenças cardíacas; defesa contra possíveis infecções e entre outras (BOLOGNESE *et al*., 2022).

Diante de inúmeros benefícios, o Instituto de Medicina recomenda a ingestão diária na tabela 3 a seguir:

Tabela 3 - Recomendações diárias de ácido linoleico e alfa-linolênico

Indivíduos saudáveis	Linoleico	Alfa-Linolênico
Homens de 19 a 50 anos	17g/dia	1,60g/dia
Mulheres de 19 a 50 anos	12g/dia	1,10g/dia

Fonte: Minighin et al. (2020).

Esses ácidos graxos poli-insaturados têm sido muito estudados, a fim de compreender as diversas implicações e reações no organismo humano. São substâncias responsáveis pela formação dos eicosanóides, que compreendem ações metabólicas pró e anti-inflamatórias no organismo, de dilatação e estreitamento dos vasos sanguíneos, crescimento e multiplicação celular, de defesa do sistema imunológico e respostas à adição de agentes agregantes. O ácido linoleico é responsável pela atividade pró-inflamatória no organismo e o alfa-linolênico pela atividade anti-inflamatória. Eles ajudam no controle das lipoproteínas no sangue (LDL e HDL), responsáveis por transportar o colesterol no sangue (RIBEIRO; FERREIRA; DA SILVA, 2022).

As moléculas formadas por lipídeos e proteínas são as chamadas lipoproteínas que, tem como principal função o transporte de colesterol e triglicerídeos no sangue. As lipoproteínas LDL e HDL são conhecidas como, "colesterol ruim" e "colesterol bom", respectivamente (WATSON; VALENÇA. 2021).

- **LDL:** responsável por transportar colesterol do fígado para as artérias, ou seja, caso esteja em excesso pode provocar o entupimento dos vasos sanguíneos e com isso gerar danos à saúde, como o desenvolvimento de doenças cardiovasculares (DE OLIVEIRA *et al*., 2018).

- **HDL:** atua de maneira inversa da LDL retirando o excesso do "colesterol ruim" das artérias e transportando de volta para o fígado. Para que ocorra o equilíbrio dessas lipoproteínas no organismo, pode-se destacar a ingestão de alimentos ricos em ácidos graxos insaturados como um forte aliado no controle de LDL no sangue e, assim, diminuindo os riscos que a alta quantidade dessa molécula pode provocar à saúde (DE OLIVEIRA *et al*., 2018).

Conforme Furlaneto *et al.* (2020), sabe-se que o açaí possui um alto teor lipídico em sua composição, portanto, apresenta uma alta porcentagem de ácidos graxos na composição da fruta. A tabela 4 mostra o teor de ácidos graxos presentes no açaí branco e roxo:

Tabela 4- Perfil de ácidos graxos presentes no açaí branco e roxo (%).

Ácidos graxos	Minighin *et al.* (2020a)		Batista *et al.* (2016)
	Açaí grosso branco	Açaí grosso roxo	Açaí roxo
Saturados (%)	**22,90**	**23,50**	**27,04**
Mirístico (C14:0)	0,10	0,10	0,13
Palmítico (C16:0)	20,70	21,40	25,41
Esteárico (C18:0)	2,10	2,00	1,4
Monoinsaturados (%)	**62,90**	**63,10**	**59,87**
Palmitoléico (C16:1)	3,80	3,60	4,16
Oléico (C18:1)	59,10	59,50	55,71
Poli-insaturados (%)	**12,50**	**11,70**	**12,59**
Linoléico (C18:2)	11,90	11,00	12,59
Linolênico (C18:3)	0,60	0,70	-
Outros	1,70	1,70	0,5

Fonte: Autores (2022).

Em análises realizadas para detectar o teor de ácidos graxos no açaí grosso branco, foram obtidos valores de 22,90% para os saturados, 62,9% para monoinsaturados, 12,5 % para poli-insaturados e 1,7% para outros, enquanto que para o açaí roxo obteve-se um maior valor de ácidos graxos saturados 23,50%, um valor menor para ácidos graxos poli-insaturados de 11,70% e não teve uma diferença tão significativa para os monoinsaturados de 63,10% (MINIGHIN *et al.*, 2020a). Enquanto que na pesquisa de Batista *et al.* (2016), observou-se um teor de ácidos graxos na polpa de açaí roxo liofilizado: ácidos graxos saturados de 27,04%, ácidos graxos monoinsaturados de 59,87% e poli-insaturados de 12,59%.

Diante desses dados, pode-se inferir que o açaí branco tem um menor teor de ácidos graxos saturados, os quais são prejudiciais a saúde por estarem relacionados no desenvolvimento de doenças cardiovasculares. Ademais, este fruto possui um bom perfil de ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados, responsáveis por trazer benefícios ao organismo do consumidor, se consumidos de forma equilibrada.

Apesar de poucos relatos na literatura sobre o açaí branco, torna-se aconselhável para a saúde a substituição na dieta de ácidos graxos saturados por ácidos graxos insaturados, pois a maior ingestão de ácidos graxos insaturados em relação aos saturados têm menor chance de desenvolver doenças cardiovasculares. Além disso, o consumo de ácidos graxos insaturados pode ajudar na produção e desenvolvimento de genes anti-inflamatórios se comparado com os ácidos saturados (MINIGHIN *et al.*, 2020). Portanto, o açaí branco pode ser inserido em uma dieta equilibrada.

Ademais, o açaí hoje é considerado um alimento essencial na mesa da população do Norte, cobiçado por outros estados e países. Logo, é necessário enfatizar o cuidado quanto ao seu manuseio, ou seja, a importância de boas práticas de saúde e higienização do fruto desde a coleta até o consumo na mesa, aplicando a etapa de branqueamento entre suas etapas (peneiramento, lavagens, branqueamento, despolpamento), a fim de garantir um produto seguro ao consumidor (RAIOL *et al.*, 2019). A safra do açaí branco varia conforme a região, sendo que no Pará sua maior produção no período de agosto a dezembro semelhante ao do roxo, contudo, o açaí branco é encontrado em menor quantidade se comparado ao roxo (FURLANETO *et al.*, 2020, ALMEIDA *et al.*, 2021).

3.4.2. COMPOSTOS FENÓLICOS

Os radicais livres (RL) advém tanto de processos metabólicos essenciais que acontecem no organismo humano quanto patológicos, fontes externas (como fumaça de cigarro e exposição à radiação ionizante) e exercícios físicos prolongados. A formação de radicais livres é acentuada no corpo humano, contudo, este dispõe de um sistema antioxidante que consegue controlar e reestabelecer o equilíbrio. Mas pode ocorrer de haver um desequilíbrio e, assim, promover o estresse oxidativo, o qual é responsável pelo envelhecimento, modificação e morte celular, assim como é causa o desenvolvimento de muitas doenças crônicas (PREVEDELLO; COMACHIO, 2021).

Os compostos antioxidantes, também chamado de compostos bioativos, estão presentes em alguns alimentos, por isso a necessidade da identificação destes para que possam ser conhecidos, consumidos e inclusos na dieta dos indivíduos, visto os inúmeros benefícios que apresentam. Atualmente, sabe-se que

esses compostos se encontram em hortaliças, frutas e ervas, a exemplo dos compostos fenólicos. Quando consumidos, podem atuar no combate aos radicais livres produzidos em excesso pelo organismo e, com isso, pode evitar a degeneração de tecidos, doenças cardiovasculares e até mesmo o câncer, entre outras doenças (RASERA; DE CASTRO, 2020; PREVEDELLO; COMACHIO, 2021).

De acordo com De Moraes Arnoso et al. (2019), os compostos fenólicos (CFs), podem ser fenóis simples ou polifenóis, são metabólicos secundários produzidos por plantas, com objetivo de atuar como defesa natural a agressões externas e exercem influência na cor, estabilidade oxidativa, no sabor da planta ou alimento. Esses componentes, dando destaque para os flavonoides, podem atuar como agentes redutores, quelantes de metais ou desativadores do oxigênio singleto, sequestradores de radicais livres e/ou apresentar mais de uma dessas funções.

Quimicamente, são constituídos de anéis aromáticos ligados a uma ou mais hidroxilas e há a existência de diversos tipos de CFs, contudo, a maioria apresenta-se na forma de 23 glicosídeos ou ésteres. Pode-se dividir em classes, de acordo com a estrutura molecular, número de anéis aromáticos e hidroxilas, ligações com outro grupamento, entre outras diferenciações, classificadas principalmente ácidos fenólicos, flavonoides, estilbenos e lignanas. E os flavonoides, são compostos orgânicos heterocíclicos, constituídos por dois anéis aromáticos ligados entre si por um anel pirano. Eles podem ser subdivididos em seis grupos: flavonas (apigenina), flavonóis (quercetina), catequinas (epicatequina), flavononas (hesperitina), antocianinas (cianina) e isoflavonas (genisteina) (DE MORAES ARNOSO *et al*., 2019).

Os compostos fenólicos variam de acordo com o aspecto genético, as condições ambientais e o grau de maturação. Atualmente, o consumo de frutas que apresentam esses compostos está sendo associado à diminuição do risco de doenças cardiovasculares e doenças crônicas não transmissíveis, resultado da sua ação antioxidante (SERAGLIO *et al*., 2018). Em comparação com o açaí roxo, o açaí branco possui o menor número de compostos fenólicos, como pode ser observado no quadro 2:

Quadro 2- Possíveis compostos fenólicos identificados no açaí roxo e branco

Possíveis compostos fenólicos identificados		
Crisina	x	nd
Ácido caftárico	x	x
Éster p-coumaroílico	x	x
Vitexina	x	nd
Quercetina3- glicosídeo	x	nd
Digaloilhexosídeo	x	nd
Resveratrol, derivado	x	nd
Galloylpyrogallol	x	x
Crosseriol	x	x
Arabinosídeo de quercitina	x	nd
Delfinidina 3- arabinosídeo	x	nd
Cianidinaglicosídeo	x	nd
Crosseriol-hexose	x	x
Neohesperidosíde o de apigenina	x	x
Dímero de procianidina (B1/B2)	x	x
Pelargonidina-rutinosíde	x	x
Flavonoide (antocianinas)	x	nd

Fonte: Adaptado de Minighin *et al.* (2020a).

Ao observar o quadro 2 acima, percebe-se que o açaí roxo se sobressai no teor de compostos fenólicos em relação ao branco. Corroborando com a pesquisa feita por Matietto *et al.* (2016) na análise de compostos fenólicos nessas variedades, no qual notou-se valores de 1526,39±5,53 a 2335,11±24,94 para o açaí roxo, enquanto que para o açaí branco foi de 151,22±3,28 a 606,82 ±5,54. A respeito de antocianinas não foi também verificado esses compostos no açaí branco, apenas no roxo, com teores que variavam de 434,85±3,20 a 1138,59±20,87 nos diferentes genótipos analisados.

Acerca do açaí branco, destaca-se a presença de alguns compostos fenólicos tais como: ácido caftarico, éster p-coumarolílico, galloylpyrogallol, crosseriol, crosseriol-hexose, neohesperidosídeo de apigenina, dímero de procianidina (B1/B2) e pelargonidinarutinosíde. Em comparação com o açaí roxo, o açaí branco possui o menor número de compostos fenólicos, alguns como a crisina, a vitexina e a quercetina3-glicosídeo não estão presentes em sua composição, entretanto, são identificados na composição do açaí roxo, por isso o açaí roxo apresenta um alto poder antioxidante. Essa variação na quantidade de compostos fenólicos ocorre graças à variabilidade genética entre os dois tipos de açaí (MINIGHIN *et al*., 2020a).

Em relação aos compostos identificados no açaí branco tais como: crosseriol-hexose, pelargonidinarutinosíde, neohesperidosídeo de apigenina e crosseriol, estes são flavonoides e estão diretamente relacionados com a capacidade antioxidante (MINIGHIN *et al*., 2020a). Os flavonoides são compostos polifenóicos que podem atuar como agentes oxidantes nas plantas e também como agente terapêutico em doenças cardiovasculares, por exemplo. Como esses compostos não podem ser sintetizados pelo nosso organismo, é necessário fazer o consumo de alimentos que contenham esses compostos. Diante disso, é importante ressaltar que a presença desses flavonoides no açaí branco traz benefícios ao consumidor, já que esses componentes melhoram a sensibilidade à insulina, diminuem a pressão arterial e a inflamação crônica (DIAS *et al.*, 2021).

A presença do composto chamado dímero de procianidina no açaí branco também é outro fator importante, já que este está associado às vitaminas B1(tiamina) e B2(riboflavina) que desempenham funções importantes no organismo humano. Ambas as vitaminas atuam no metabolismo energético, a tiamina atua na geração dos impulsos nervosos e na síntese de alguns neurotransmissores, ácidos graxos e ácidos nucleicos, enquanto que a riboflavina é responsável pela fosforilação, oxidação do piruvato e de ácidos graxos (MACHADO *et al.*, 2021).

3.5. TECNOLOGIA DOS ALIMENTOS

O extrato de açaí está sendo muito utilizado na área de cosméticos e estética, já que é uma fonte rica de vitaminas e antioxidantes naturais. Além disso, pode ser usado como antioxidante, anticarcinogênico, combatendo doenças cardiovasculares e neurodegenerativas. Sabe-se que o mercado de consumo tradicional do açaí consolidou-se na Amazônia em virtude da forte cultura local no consumo do açaí, tornando-se um grande componente da alimentação básica principalmente no norte do Brasil (MACIEL *et al*., 2018; FERREIRA *et al*., 2018). Mas o açaí pode ser utilizado de diferentes formas, entre elas:

Óleo de açaí

Os óleos vegetais, extraídos de sementes, cascas, raízes, folhas, presentes na floresta, apresentam diversos componentes bioativos em sua composição. Na indústria farmacêutica e cosmética o óleo de açaí vem ganhando destaque devido ao seu alto teor lipídico e potencial antioxidante (atrelada ao seu conteúdo fenólico), os quais trazem inúmeros benefícios à saúde. Os antioxidantes mais abundantes no óleo de açaí são: α-tocoferol, vitamina E os tocotrienóis, sendo esses compostos os responsáveis pela sua estabilidade de armazenamento, uma vez que previnem a oxidação lipídica do óleo (LIRA *et al*., 2021). O óleo de açaí apresenta uma coloração verde-escura por conta da presença do pigmento clorofila, que também proporciona benefícios à saúde, sendo necessário a sua preservação atrelada à temperatura (MACIEL *et al*., 2018);

Farinha do Resíduo de Açaí (FRA)

Os resíduos do açaí podem ser obtidos após a despolpa do fruto e passar por um processo de secagem em estufa de circulação forçada até a obtenção de um produto com umidade máxima final de 15%. Em seguida, os resíduos do açaí são triturados em moinhos de faca, obtendo-se uma farinha com

granulometria fina (25,40mm). A partir disso, foram realizadas as análises de umidade, cinzas, proteínas, carboidratos, lipídios, fibras, pH e acidez total titulável no seu resíduo. Por fim, concluiu-se que a farinha do resíduo do açaí apresentou um alto teor de fibras que, por sua vez pode ajudar na substituição parcial ao trigo para quibe, contribuindo para a melhora nutricional desse alimento. Além disso, a FRA também proporcionou mais sabor ao alimento que foi incluído e o deixou com uma textura mais granulosa. Portanto, os componentes presentes nessa farinha podem estar ajudando no resultado final do produto obtido, tanto nutricionalmente quanto sensorialmente (BORGES *et al.*,2021);

Potencial inibidor de corrosão

No estudo realizado por Martins *et al.* (2021) foi observado que as diferentes diversidade de sementes no açaí roxo e branco possuem proantocianidinas variando de 6,4–22,4 (p/p)/ matéria seca, caracterizando-as com alto médio grau de polarização. Com isso, foi testado o extrato produzido por meio do açaí roxo e verificou-se que este foi eficaz no controle de corrosão na superfície de um metal por 24 horas e, consequentemente, ofereceu um indicativo de que os extratos produzidos a partir dos resíduos do açaí tem potencial para inibir o aço carbono AISI 1020 em pH neutro e pode ser considerado como uma fonte barata, abundante, verde de inibidor de corrosão;

Outros

O açaí e seus subprodutos podem ser utilizados na aplicação de doces, sorvetes, bolos, biscoitos, ou seja, está sendo fortemente utilizado pela indústria alimentícia (ALMEIDA *et al.*, 2021).

4. CONCLUSÃO

Diante do exposto, pode-se dizer que o açaí branco possui uma boa composição nutricional, sendo rico em macronutrientes, dando destaque para lipídios e proteínas; a presença de micronutrientes, contudo, são necessários mais estudos a respeito, a fim de saber o teor e quais são os seus principais micronutrientes. Este fruto demonstrou propriedades funcionais a saúde, haja vista ter apresentado um bom perfil lipídico (ácidos graxos saturados/ insaturados) em relação ao açaí roxo, assim como observou-se a presença de compostos fenólicos no fruto. Mas também há um indicativo da presença desses compostos estarem na sua semente, baseando-se nos estudos já realizados com a semente do açaí roxo, caracterizando-o o alimento além de nutritivo como funcional e, assim, sendo possível contribuir na prevenção de doenças cônicas não transmissíveis, principalmente de doenças cardiovasculares. É válido ressaltar também, a importância de mais pesquisas que explorem os inúmeros benefícios saúde e curiosidades do açaí branco.

REFERÊNCIA

[1] ALMEIDA, H. P.; HOMMA, A. K. O.; DE MENEZES, A. J. E. A.; FILGUEIRAS, G. C.; DE FARIAS NETO. J. T. Produção e autoconsumo de açaí pelos ribeirinhos do Município de Igarapé-Miri, Pará. Research, Society and Development, v. 10, n. 9, p. e51710918376-e51710918376, 2021.

[2] BATISTA, C. C. R.; OLIVEIRA, M. S.; ARAUJO, M. E.; RODRIGUES, A. M. C.; BOTELHO, J. R. S.; SOUZA FILHO, A. P. S.; MACHADO, N. T.; CARVALHO JUNIOR, R. N. Supercritical CO2extraction of açaí (Euterpe oleracea) berry oil: Globalyield, fatty acids, allelopathic activities, and determination of phenolicand anthocyanins total compounds in the residual pulp. The Journal of Supercritical Fluids, v. 107, p. 364-369, 2016.

[3] BAYLÃO, L. B.; ARAÚJO, D. V.; FERREIRA, R. de M. M. Ingestão de ácidos graxos e seu impacto no risco cardiovascular. RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218, v. 2, n. 8, p. e28578-e28578, 2021.

[4] BOLOGNESE, M. A. et al. Nutrição parenteral com foco na composição lipídica: uma breve revisão. Research, Society and Development, v. 11, n. 3, p. e33911326125-e33911326125, 2022.

[5] BORGES, M. V. et al. Propriedades físico-químicas e tecnológicas da farinha do resíduo de açaí e sua utilização. Research, Society and Development, v. 10, n. 5, p. e17810514517-e17810514517, 2021.

[6] COSTA, S. P. R. da et al. A importância do manejo do açaí e o modo de vida varzeiro no município de limoeiro do Ajuru–Pará–Amazônia–Brasil. 2020.

[7] CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Conjuntura mensal fruto do açaí. 2020. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-acai. Acesso em 25 jun. 2022.

[8] DE MATOS, A. K. F.; YOKOMIZO, G.-KI; RIOS, R. da M. Variabilidade genética em progênies de açaí branco. In: Embrapa Amapá-Resumo em anais de congresso (ALICE). In: JORNADA CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAPÁ, 6. 2020, Macapá. Resumos... Macapá: Embrapa Amapá, 2020. Editoras técnicas: Jamile da Costa Araújo e Ana Cláudia Lira-Guedes. 2020.DIAS, DDRC et al. Efeito da termossonicação em parâmetros de qualidade de sucos de frutas. Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 4, p. p19-38, 2021.

[9] DE MORAES ARNOSO, B. J.; DA COSTA, G. F.; SCHMIDT, B. Biodisponibilidade e classificação de compostos fenólicos. Nutrição Brasil, v. 18, n. 1, p. 39-48, 2019.

[10] DE OLIVEIRA, M. do S. P; SCHWARTZ, G. Açaí—Euterpe oleracea. In: Exotic fruits. Academic Press, 2018. p. 1-5.

[11] DE OLIVEIRA, M. H. M. et al. Propriedades Funcionais do Açaí (Euterpe Oleracea Mart.) Sobre o Sistema Cardiovascular. International Journal of Nutrology, v. 11, n. S 01, p. Trab660, 2018.

[12] DIAS, D. R. C. et al. Efeito da termossonicação em parâmetros de qualidade de sucos de frutas. Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 4, p. p19-38, 2021.

[13] FURLANETO, F. P. B.; SOARES, A. A. V. L.; FURLANETO, L. B. Parâmetros Tecnológicos, Comerciais e Nutracêuticos do Açaí (Euterpe oleracea). Revista Internacional de Ciências, v. 10, n. 1, p. 91-107, 2020.

[14] IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agropecuária Municipal. IBGE ,2020. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/acai-cultivo/pa. Acesso em 25 jun.2022.

[15] LIRA, G. B. et al. Processos de extração e usos industriais de óleos de andiroba e açaí: uma revisão. Research, Society and Development, v. 10, n. 12, p. e229101220227-e229101220227, 2021.

[16] MACIEL, P. S. F. et al. Monitoramento tecnológico sobre a utilização do açaí na indústria de alimentos. Cadernos de Prospecção, 2018.

[17] MACHADO, DANIEL; D, E. N. VITAMINAS DO COMPLEXO B: PANORAMA GERAL COM FOCO NA DEFICIÊNCIA DE TIAMINA (B1): UMA REVISÃO DE LITERATURA.

[18] MARTINS, G. R. et al. Açaí (Euterpe oleracea Mart.) Seed Extracts from Different Varieties: A Source of Proanthocyanidins and Eco-Friendly Corrosion Inhibition Activity. Molecules, v. 26, n. 11, p. 3433, 2021.

[19] MATTIETTO, R. de A. et al. Composição química e nutricional da polpa de açaí: comparação entre as variedades roxa e branca.

[20] MATTA, F. V. et al. Chemical composition and bioactive properties of commercial and non-commercial purple and White Açaí berries. Foods, v. 9, n. 10, p. 1481, 2020.

[21] MINIGHIN, E. C. et al. Açai (Euterpe oleracea) e suas contribuições para alcance da ingestão diária aceitável de ácidos graxos essenciais. Research, Society and Development, 2020a.

[22] MINIGHIN, Elaine Carvalho et al. Effect of in vitro gastrointestinal digestion on the mineral content, phenolic compounds, and antioxidant capacity of commercial pulps of purple and white açaí (Euterpe oleracea Mart.). Journal of food science and technology, v. 57, n. 5, p. 1740-1752, 2020b.

[23] OLIVEIRA, M. S. P. et al. Euterpe Oleracea Martius: Açaizeiro, manicola palm, assai, palmier pinot, euterp palm, manacá, morroque, uassi, pina, prasara, qapoe, qasei. Pará: IICA, 2017.

[24] PREVEDELLO, M. T.; COMACHIO, G. Antioxidantes e sua relação com os radicais livres, e Doenças Crônicas Não Transmissíveis: uma revisão de literatura Antioxidants and their relationship with free radicals, and Chronic Non communicable Diseases: a literature review. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 6, p. 55244-55285, 2021.

[25] RAIOL, Ianny Ferreira et al. Inovações tecnológicas como instrumento de educação para a higienização do açaí em uma comunidade ribeirinha da Amazônia: um relato de experiência. Revista Eletrônica Acervo Saúde, n. 27, p. e920-e920, 2019.

[26] RASERA, G. B.; DE CASTRO, R. J. S. Germinação de grãos: uma revisão sistemática de como os processos bioquímicos envolvidos afetam o conteúdo e o perfil de compostos fenólicos e suas propriedades antioxidantes. 2020.

[27] RIBEIRO, E. A.; FERREIRA, R.; DA SILVA, M. C. Os efeitos da ingestão precoce do ômega 3 na prevenção da obesidade e de doenças cardiovasculares. Research, Society and Development, v. 11, n. 9, p. e21611931883-e21611931883, 2022.

[28] SILVA, R. et al. AÇAÍ: IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA NOS ESTADOS DO PARÁ E GOIÁS. 2021.

[29] SOUSA, T. S. et al. Crescimento vegetativo em mudas de diferentes genótipos de açaizeiro (Euterpe oleracea Mart.) submetidos ao estresse hídrico. 2021. Tese de Doutorado. UFRA-Campus Belém.

[30] WATSON, G. A. T.; VALENÇA, Y. L. O papel dos ácidos graxos na prevenção e no tratamento de doenças cardiovasculares. 2021.

Capítulo 5

Proteínas e fibras em pão elaborado com mix de farinha de trigo e inhame

Eliana Maria de Mira do Couto
Raquel Coldibelli Ribeiro
Oswaldo Kameyama

Resumo: O carboidrato do trigo causa uma elevação no nível glicêmico e aciona a liberação de uma maior quantidade de insulina, fator que pode acarretar prejuízos aos receptores deste hormônio, resultando na Diabetes do Tipo II. Já as fibras encontradas na farinha de inhame tornam a digestão mais lenta, regulando os níveis de açúcar na corrente. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi analisar o teor de proteínas e fibras em pão preparado com mix contendo farinha de trigo e inhame em diferentes proporções. Após as análises, identificou-se que as formulações com farinha de inhame apresentaram aumento no teor de fibras e proteínas, demonstrando potencial de utilização em vários produtos e na redução do índice glicêmico.

Palavras-Chave: Tubérculo, Panificação, Protídeos, Índice glicêmico.

1. INTRODUÇÃO

O trigo é um alimento rico em carboidratos que são extremamente importantes na alimentação, pois compõem o grupo de nutrientes básicos, sendo considerados de grande interesse para uma alimentação equilibrada, além de constituírem a principal fonte de energia nas dietas da população mundial (ORDÓNEZ, 2005).

O carboidrato do trigo, amilopectina A, causa elevação no nível glicêmico quando comparado a outros alimentos, acionando a liberação de uma maior quantidade de insulina e consequentemente a deposição de gordura visceral. Esses sinais ocasionam na diabetes Tipo II e, até mesmo quem não é diabético, pode apresentar altos níveis de glicose que ocasionam o acúmulo de gorduras (DAVIS, 2014).

Para reduzir esse acúmulo de gorduras, as fibras atuam resistindo a digestão e a absorção no intestino delgado, ficando disponíveis para a fermentação pelas bactérias residentes no intestino grosso. Sua ação ocorre no trato gastrointestinal onde regula a taxa de digestão, a absorção de nutrientes, além de ter um papel importante como laxante e como substrato para a microbiota no intestino (ARAÚJO, 2015).

De acordo com Araujo, Menezes e Tomazini (2009), o inhame apresenta um alto teor de fibras insolúveis quando comparado a fibras solúveis, totalizando 5,18%, e um alto teor de proteínas, totalizando 5,87%. Essas características são muito importantes quando pensamos em sua farinha, que já se encontra incorporada nas indústrias panificadoras de inúmeros países.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi elaborar um mix composto de farinha de trigo e farinha de inhame a fim de aumentar as concentrações de fibras e proteínas quando comparado a farinha de trigo comum.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no ano de 2019 no Instituto Federal do Sul de Minas Gerais – campus Inconfidentes, nos setores de Processamento de frutas e Hortaliças e nos Laboratórios de Microbiologia e Bromatologia.

Os inhames, coletados no bairro Porantava, município de Inconfidentes, Minas Gerais, foram lavados com auxílio de escovas, descascados com faca de aço inoxidável e sanitizados por imersão em solução clorada à 200ppm durante 15 minutos. Após, realizou-se o branqueamento por 5 minutos e com o auxílio de um processador, os tubérculos foram fatiados.

Os inhames fatiados foram levados a uma estufa por 24 horas à 45°C para que houvesse a secagem e consequente transformação em chips. Após secos, os chips foram moídos por um moedor de grãos até a granulometria da farinha de trigo branca.

Para realização dos testes, foram elaboradas três diferentes formulações de mix, mantendo a concentração de farinha de trigo e variando a farinha de inhame, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – constituição das diferentes formulações

Formulação	Farinha de Trigo (g)	Farinha de Inhame (g)
P0	300	0
P1	300	90
P2	300	120

Fonte: Autoral, 2019.

Adicionou-se às formulações: 12 gramas de fermento biológico fresco, 9 gramas de sal, 24 gramas de açúcar e 9 gramas de margarina. Após, as massas foram modeladas e colocadas em forno industrial com temperatura de 120ºC por aproximadamente meia hora, obtendo os pães.

Realizou-se análises, em triplicata, para determinação da quantidade de proteínas, pelo método de Kjeldahl e para a determinação de fibras, pelo método da determinação de fibra bruta total, disponibilizados pelo Instituto Adolfo Lutz (ZENEBON; PASCUET; TIGLEA, 2008).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os métodos de determinação de proteínas e fibras geraram resultados quantificáveis e suas médias estão representadas na Tabela 2, podendo-se verificar que houve aumento na concentração de protídeos e no teor de fibras dos pães paralelamente ao aumento da farinha de inhame adicionado.

Tabela 2- Valor médio de proteínas e fibras para cada formulação

	P0	P1	P2
Proteínas (%)	9,98	10,60	11,48
Fibras (%)	1,30	1,85	2,33

Fonte: autoral, 2019.

Segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, a concentração de proteínas encontradas no pão francês é de 10,5g/100g da parte comestível e de fibras 3,4g/100g da parte comestível. Portanto, a amostra padrão (P0) encontre-se inferior, no quesito de proteínas e fibras, quando comparada ao pão francês tradicional.

A formulação P1 apresentou um incremento de 6,2% e 42,3% nas quantidades de proteínas e fibras, respectivamente. Já na formulação P2 o incremento de proteínas foi de 15,0% e o de fibras de 79,2%.

Desta forma, evidencia-se o potencial do mix de farinha de trigo e inhame, devido ao incremento significativo ($p<5$) de proteínas e fibras, em comparação ao pão confeccionado com farinha de trigo.

Acredita-se também que este mix possa atuar na redução da glicemia pelo consumo de produtos elaborados com ele, tendo em vista a atuação das fibras e proteínas e a redução na quantidade de carboidratos totais.

4. CONCLUSÃO

Os pães elaborados com mix de farinha de trigo e inhame apresentaram aumento expressivo na quantidade de proteínas e fibras, demonstrando o potencial do mix na elaboração de produtos enriquecidos, com o intuito da redução do índice glicêmico.

Sugere-se a realização futura de análise sensorial e de índice glicêmico para que se dê continuidade a esta pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos técnicos Taciano B. Fernandes e Eduardo O. Rodrigues, pela orientação, apoio e confiança.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ARAÚJO, J. – Química de Alimentos*:* Teoria e Prática. Ed. UFV, 6ª ed., Minas Gerias, 2015.

[2] ARAUJO, E. M.; MENEZES, H. C.; TOMAZINI, J. M. Fibras solúveis e insolúveis de verduras, tubérculos e canela para uso em nutrição clínica. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2009.

[3] BRASIL. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério do Desenvolvimento Social e Combate a Fome e Ministério da Saúde. NEPA – UNICAMP, ed. 4ª, 2011.

[4] DAVIS, W. Barriga de trigo: livre-se do trigo, livre-se dos quilos a mais e descubra seu caminho de volta para saúde. Ed. Martins Fontes, São Paulo, 2014.

[5] ORDONEZ, J. Tecnologia de Alimentos, Componentes dos Alimentos e Processos. Grupo A – Artmed, Vol.1, 2005.

[6] ZENEBON, O; PASCUET, N.S; TIGLEA, P. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. Instituto Adolfo Lutz, p. 1020, 2008.

Capítulo 6

Aplicações do okara na alimentação humana e valoração através de modificações estruturais

Neusa Fátima Seibel
Andrielly Rosa de Lima

Resumo: Em países orientais, produtos de soja como okara e extrato são tradicionalmente consumidos, mas a expansão para os países ocidentais tem apresentado dificuldades devido às características sensoriais. Métodos de obtenção tradicionais, como o chinês e o japonês, não possuem a etapa de inativação enzimática, a qual desnatura as lipoxigenases diminuindo a produção dos compostos aromáticos desagradáveis. Okara obtido com esta adaptação foi aplicado em formulações de kibe e pudins, na forma úmida, em farofas, chocolate e barras de cereais, na forma de grânulos desidratados e em pães, hambúrgueres, pão de queijo e cookies na forma de farinha, todos apresentando boa aceitação global. O okara é rico em fibras alimentares insolúveis e proteínas que possuem propriedades tecnofuncionais, hidrofílicas e lipofílicas, de interesse para a aplicação do okara como ingrediente alimentar. A valoração do okara está sendo dada pela alteração da morfologia da parede celular, diminuindo a cristalinidade, convertendo parte das fibras alimentares insolúveis em solúveis e gerando estruturas mais porosas, que propiciam a liberação de grupos hidrofílicos e hidrofóbicos, os quais melhoram as propriedades de hidratação e emulsificantes. Tratamentos químicos, com peróxido de hidrogênio alcalino, físicos, com ultrassom e extrusão, enzimáticos, fermentativos e a associação entre eles têm sido estudados com resultados promissores. Podendo ser observados maiores teores de frações solúveis, melhoria nas propriedades tecnofuncionais, liberação de peptídeos, efeito prebiótico e probiótico, além do aumento dos compostos bioativos nos novos ingredientes alimentares.

Palavras-chave: coproduto de soja, propriedades tecnofuncionais, fibras alimentares, tratamentos associados, efeitos das alterações.

1. INTRODUÇÃO

No processamento da soja o coproduto okara é formado juntamente com o extrato, ambos são alimentos que contêm características sensoriais específicas e bem aceitas pelos orientais. Mas para o restante da população mundial eles apresentam sabor desagradável, oriundo da ação das lipoxigenases com os ácidos graxos insaturados que geram compostos aromáticos, principalmente o hexanal, responsáveis pelo '*off flavor*' da soja. Essas enzimas são desnaturadas pelo calor, assim, inserindo a etapa de inativação enzimática na obtenção destes produtos haverá menor quantidade de aromas e sabores indesejáveis e a aceitação é aumentada.

As aplicações na alimentação humana do okara úmido são limitadas, pois é um produto com alto teor de água e que se deteriora rapidamente, assim, devem ser executadas logo após a sua obtenção. Para grandes quantidades industrializadas o ideal é fazer uma desidratação para que este obtenha maior estabilidade microbiana e consequentemente maior vida de prateleira, podendo assim ser utilizado como ingrediente alimentar na forma de okara seco ou farinha de okara, após a sua moagem.

O okara é constituído principalmente de fibras alimentares e proteínas insolúveis com importantes propriedades tecnofuncionais, oriundas das características físico-químicas, como: tamanho, forma, flexibilidade da molécula, configuração, estrutura física, composição, características de superfície da molécula e capacidade de interagir com outros compostos. No entanto, a aplicação do okara no seu estado nativo está associada a propriedades sensoriais indesejáveis, principalmente quanto à textura e perda do volume no produto final, podendo ser minimizadas com alterações estruturais.

Modificações enzimáticas, químicas, físicas e fermentativas podem ser aplicadas na parede celular visando principalmente a solubilização da lignina e redução da cristalinidade da celulose. Além disso, ocorrem outros efeitos benéficos, tais como: exposição e solubilização das proteínas, liberação de peptídeos, efeito prebiótico e probiótico, e aumento de compostos bioativos com atividade antioxidante, gerando novos ingredientes com características desejáveis.

Esse capítulo aborda as diferentes formas de elaboração do okara, com alterações realizadas para obter maior aceitação do produto pela população dos países ocidentais. Exemplos de aplicações deste coproduto na alimentação humana são citados e as propriedades tecnofuncionais do okara com modificações estruturais para melhorar suas características e aumentar o seu uso são mencionadas.

2. OKARA

Na produção do extrato de soja um coproduto é gerado, denominado okara, conhecido mundialmente por este nome, de origem japonesa. Em inglês é chamado de *soy pulp* (polpa de soja), em chinês de *doufu zha* ou *dou zha* e em coreano de *biji*. Esses alimentos são oriundos dos países orientais, nos quais são geradas enormes quantidades de okara anualmente, a Coréia gera 310.000 toneladas, mas o Japão e a China produzem 800.000 e 2.800.000 toneladas, respectivamente, principalmente pela alta produção de tofu.

Na China o okara, após ser adicionado de sal e pimenta, é servido como *snacks* ou usado em receitas com carne ou vegetais. Em algumas regiões daquele país, o okara é prensado e fermentado por 10 a 15 dias, até estar coberto com o fungo *Rhizopus*, onde a massa é seca e frita ou cozida com vegetais. Este produto também é muito consumido na Indonésia, mas lá o okara é misturado com grãos de soja antes da fermentação, e conhecido como *tempeh gembus*.

No Japão o okara é o ingrediente principal de várias receitas, incluindo: saladas, sopas, molhos, produtos panificáveis e sobremesas. Na América do Norte, país com menor tradição no consumo de soja e derivados, o okara é usado em produtos específicos dessa leguminosa, como salsichas e hambúrgueres de soja.

A expansão da produção e consumo dos produtos oriundos da soja no restante do mundo apresentou como o principal empecilho o sabor característico. Para as populações dos países ocidentais, o sabor e o gosto do extrato de soja e do okara são descritos como 'feijão cru', 'rançoso' ou 'amargo', não sendo agradáveis, ao menos que estes sejam minimizados ou mascarados.

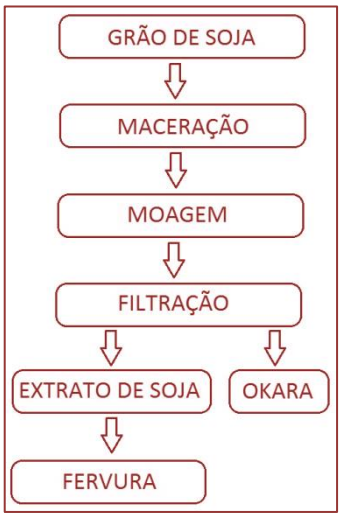
Grande parte dos aromas e sabores dos produtos de soja é oriunda da ação das lipoxigenases, que reagem com os ácidos graxos insaturados, principalmente o linoleico. Essa reação é provocada com a maceração e com a trituração dos grãos, formando vários compostos aromáticos, o principal é o hexanal, os quais são responsáveis pelo '*off flavor*' da soja. No entanto, estas enzimas são termolábeis, ou seja, desnaturadas

com o calor, assim, se uma etapa de inativação for acrescentada ao processo, haverá diminuição das desagradáveis características sensoriais.

3. MÉTODOS DE OBTENÇÃO DO OKARA E EXTRATO DE SOJA

Existem diferentes métodos para obtenção do extrato de soja, o mais antigo (tradicional chinês) é preparado a partir da maceração dos grãos em água *overnight,* drenagem, moagem dos grãos com água fresca, na proporção de 1:8 ou 1:10 (soja:água), filtração, para separar o extrato do okara, e fervura do ES por alguns minutos, antes de ser servido (Figura 1). Este método é conhecido como '*dou Jiang*' e produz um extrato de curta vida de prateleira com sabor adstringente e de '*beany flavor'*. Nas produções mais modernas, conhecidas como '*dou ru*' ou '*dou nai*' o extrato é aromatizado, adoçado e fortificado, suavizando o sabor e melhorando o valor nutricional, além de aumentar a vida útil.

Figura 1: Obtenção de extrato de soja e okara pelo método chinês



Fonte: SEIBEL, 2018.

No método japonês de produção do extrato de soja, os grãos são hidratados, moídos, fervidos e filtrados, obtendo-se o extrato e o okara (Figura 2). Este tipo de preparo pode apresentar algumas desvantagens: a massa moída quando passa por aquecimento pode queimar com facilidade e aderir aos utensílios; haver maior dificuldade para filtrar a massa manualmente e o gasto energético é ligeiramente maior em relação ao método chinês. Contudo, a modificação da etapa de fervura facilita a obtenção do extrato, aumentando o rendimento.

Ambos os métodos, chinês e japonês, são conhecidos como métodos tradicionais orientais, que devido à sua simplicidade são elaborados com frequência para consumo imediato nas residências. Esses extratos têm sabor e aroma de soja e também acentuado gosto residual de feijão, que para a população oriental é aceitável, mas não para outras etnias. Visando aumentar a aceitação dos produtos de soja elaborados no Brasil, a inativação enzimática foi introduzida nos processamentos e o tempo de maceração foi aumentado. Quando a maceração for aplicada por 16 horas (*over night*) em temperatura ambiente e a água descartada obter-se-á um extrato de soja mais claro, já que parte dos compostos coloridos das cascas será eliminada.

O processo se iniciará com a inativação da lipoxigenase, imergindo os grãos na água em ebulição por 5 minutos, com volume necessário para cobri-los, posteriormente são resfriados em água com gelo pelo mesmo tempo. Então os grãos são dispostos em água na temperatura ambiente por 16 horas (maceração *over night*) na proporção de 1:3 (soja:água). Na sequência os grãos são drenados e aquecidos com água até 90°C, na proporção 1:10 (soja:água) em relação ao peso da soja seca, descontando o que foi absorvido na maceração, para finalmente serem triturados. Logo após o extrato de soja é separado do coproduto sólido (okara) por centrifugação pelo tempo necessário até a saída de todo líquido das partículas sólidas (Figura 3).

Figura 2: Obtenção de extrato de soja e okara pelo método japonês

Fonte: SEIBEL, 2018.

Independentemente do método a ser utilizado, algumas etapas são essenciais para a obtenção do extrato de soja e okara: seleção da matéria-prima, incorporação de água e trituração. A composição química e as características sensoriais dos produtos estão diretamente ligadas com os grãos processados, assim, pode-se preferir tamanhos maiores, para um maior rendimento e grãos com hilo claro e descascados, para o extrato ter cor mais clara. Na incorporação de água deve ser considerado o tempo, pois poderá haver perdas de sólidos, 5% e 10% no período de 24h e 72h, respectivamente, assim como, a temperatura da água, que influenciará nas taxas de hidratação e extração dos compostos. Portanto, um processo de obtenção de extrato de soja e okara com boas qualidades deve garantir a extração máxima das proteínas solúveis; resultar em sabor, odor e textura adequados; inativar as enzimas a tempo de evitar reações secundárias; estabilizar os produtos para garantir maior vida de prateleira e bom valor nutritivo.

Figura 3: Obtenção do extrato de soja e okara com maceração *over night*.

Fonte: SEIBEL, 2018.

4. APLICAÇÕES DO OKARA NA ALIMENTAÇÃO HUMANA

O rendimento do okara fresco mais reportado na literatura é a proporção de 1:1,1 a 1:1,2, ou seja, 1 Kg de soja gerará 1,1 a 1,2 Kg de okara, e com a desidratação produzirá aproximadamente 250g de okara seco.

Essas proporções são diretamente relacionadas com o tipo do processamento e o volume de água utilizado na trituração. De qualquer forma, a quantidade deste coproduto elaborada é muito grande, que se não for utilizada ocasiona perda econômica às indústrias alimentares e problemas socioambientais. A maioria da utilização é sob a forma de ração animal, mas pesquisas têm buscado alternativas para o aproveitamento na alimentação humana e agregação de valor.

Okara úmido foi aplicado em formulações de kibe, com substituição de 20% e 40% ao triguilho, originando aumento no valor nutricional do produto, pois cinzas, proteínas e fibras alimentares tiveram seus níveis elevados. Além disso, as amostras com a substituição não apresentaram diferença significativa na avaliação sensorial, quando comparada com a formulação padrão, nos atributos de cor, aroma, sabor, textura e aceitação global, com índice de aceitabilidade de 86% (Silva, et al., 2016).

Pudins com okara úmido em substituição ao extrato de soja em pó nas proporções de 20% e 40% foram desenvolvidos, sem a incorporação de leite de vaca nas formulações, podendo ser consumidas por intolerantes à lactose. Como a amostra padrão já continha extrato de soja, não foi notada diferença significativa no teor de proteínas. As fibras alimentares totais e suas frações insolúveis e solúveis, assim como as propriedades tecnológicas também não apresentaram diferença entre as amostras. Os resultados da análise sensorial e intenção de compra demonstraram que o pudim contendo okara úmido apresentou elevada aceitabilidade (75%), com características semelhantes ao padrão, indicando a viabilidade de utilização desse subproduto no desenvolvimento de sobremesas à base de soja (Pavanello et al., 2016).

O okara recém elaborado possui alto teor de água (70 – 75%), o que compromete a sua estabilidade durante o armazenamento, sendo a desidratação aconselhável. Com a secagem este ingrediente poderá ser utilizado em vários alimentos, podendo ser aplicado na forma granular ou farinha, após a moagem.

Okara desidratado foi utilizado para elaboração de farofas, com a substituição de 50% e 100% da farinha de mandioca, juntamente com os demais ingredientes, em proporções inalteradas. Ambas apresentaram acréscimo nos teores de proteínas, lipídios e cinzas e diminuição dos carboidratos. A aceitação sensorial foi de 83% e 85%, sendo o sabor, a textura e a cor os atributos avaliados com as maiores notas (Broca et al., 2016).

Com o intuito de agregar crocância em chocolate, o okara granular foi homogeneizado ao chocolate derretido em banho-maria, nas proporções de 15% e 25%. A mistura foi colocada em formas para bombons de 8g e resfriada em geladeira, os bombons foram obtidos após serem desenformados. As duas formulações apresentaram aumento no teor de proteínas e boa aceitação sensorial, 85% e 76%, respectivamente, mas os avaliadores julgaram que todos os atributos avaliados estavam em equilíbrio nos bombons contendo 15% de okara, sendo a formulação mais aceita (Candia et al. 2016).

Barras de cereais foram elaboradas com substituição total do gérmen de trigo e parcial da aveia (F1) e substituição parcial do gérmen de trigo e aveia (F2) pelo okara desidratado na forma de grânulos, respectivamente contendo 25% e 17%. Ambas tiveram aumento nos teores de proteínas e fibras alimentares totais, além de boa aceitação sensorial, 73% e 19%, respectivamente, na qual os julgadores avaliaram a textura da F2 melhor do que da F1 (Curti e Seibel, 2017).

Farinha de okara foi utilizada na formulação de pão, substituindo a farinha de trigo em 5%, 10%, 15% e 20%, proporcionando uma melhora nutricional dos pães, com aumento dos teores de proteínas, cinzas e lipídios. As análises tecnológicas e a cor dos pães foram influenciadas pela substituição das farinhas, originando pães com maior volume de intumescimento e índice de absorção de óleo e com miolo mais amarelo e mais escuro. Observou-se também que os produtos desenvolvidos apresentaram elevada aceitação pelos julgadores em todos os atributos avaliados, com valores representantes de “gostei muito” e “gostei muitíssimo”, o que foi comprovado pela grande intenção de compra (Silva, et al., 2016).

Hambúrgueres produzidos com carne bovina, bacon, condimentos e farinha de okara, em substituição total ou parcial à proteína texturizada de soja (PTS), ingrediente tradicionalmente utilizado nestes alimentos, apresentaram propriedades tecnológicas satisfatórias. As mais altas concentrações, tanto de farinha de okara, quanto de PTS (8%) mostraram menor encolhimento e maior rendimento dos hambúrgueres, assim como tiveram contribuição positiva no índice de absorção de água (Falcão, et al,. 2015).

Na elaboração de pão de queijo com substituição de polvilho por farinha de okara em proporções de 15% e 20%, os autores observaram um aumento no teor de fibras alimentares (insolúveis e totais), proteínas, cinzas e lipídios. De acordo com a Portaria n° 27 de 13/01/1998 da ANVISA, os produtos desenvolvidos foram considerados alimentos com alto teor de fibras, por apresentarem valores superiores a 6%. Devido à praticidade é muito comum encontrar misturas prontas de pão de queijo em supermercados,

panificadoras e lanchonetes para a comercialização. Desse modo pode-se sugerir, com base neste estudo, que a incorporação de okara em pré-misturas seria uma alternativa viável para reduzir o custo do produto e melhorar sua qualidade nutricional (Seibel, et al., 2013).

Duas formulações de biscoito tipo *cookies* foram elaboradas, uma com 25% de farinha de okara em substituição da farinha de trigo e outra com 50%. Foi observado um aumento de proteínas, lipídios, cinzas e fibras alimentares conforme aumentou a proporção de farinha de okara adicionada. A incorporação do coproduto da soja nos biscoitos apresentou um aumento no valor nutricional, o que é muito bom, pois esse tipo de biscoito possui uma boa aceitação no mercado, já que são consumidos por todas as faixas etárias (Yoshida et al., 2014).

A aplicação do okara em alimentos destinados aos humanos possibilita uma melhoria nutricional aos consumidores, pois aproximadamente 95% dos sólidos do grão de soja permanecem no coproduto. A composição química do okara seco revela que os principais macronutrientes são as fibras alimentares e as proteínas (Tabela 1), os quais são repassados para os alimentos elaborados, pois os teores aumentaram quando foram analisados. No entanto, também há quantidades consideráveis de micronutrientes e fitoquímicos, como as isoflavonas. Entre 12% e 30% das isoflavonas dos grãos de soja são retiros pelo okara durante a sua elaboração, a sua totalidade é constituída principalmente pelos glicosídeos, seguidos pelas agliconas.

Tabela 1: Composição química do okara seco

Macronutrientes	**Teor (g/100g de matéria seca)**
Proteínas	25,4 – 33,4
Fibras Insolúveis	43,6 – 58,8
Fibras Solúveis	2,1 – 4,6
Lipídios	8,3 – 10,9
Carboidratos solúveis	3,8 – 5,3
Cinzas	3,0 – 4,5
Micronutrientes	**Teor (mg/100g de matéria seca)**
Tiamina (B1)	0,48 – 0,59
Riboflavina (B2)	0,03 – 0,04
Niacina (B3)	0,82 – 1,04
K	936 – 1.350
Na	16 – 96
Ca	260 – 428
Mg	130 – 165
Fe	0,6 – 11
Cu	0,1 – 1,2
Mn	0,2 – 3,1
Zn	0,3 – 3,5
Fitoquímicos	**Teor (g/100g de matéria seca)**
Isoflavonas Agliconas	5,41
Isoflavonas Glicosídeos	10,3
Malonil Glicosídeos	19,7
Acetil Glicosídeos	0,32
Ácido fítico	0,5 – 1,2
Saponinas	0,10

Fonte: Yoshida (2020); Seibel (2018); Vong, Liu (2016).

5. FIBRAS ALIMENTARES E PROPRIEDADES TECNOFUNCIONAIS DO OKARA

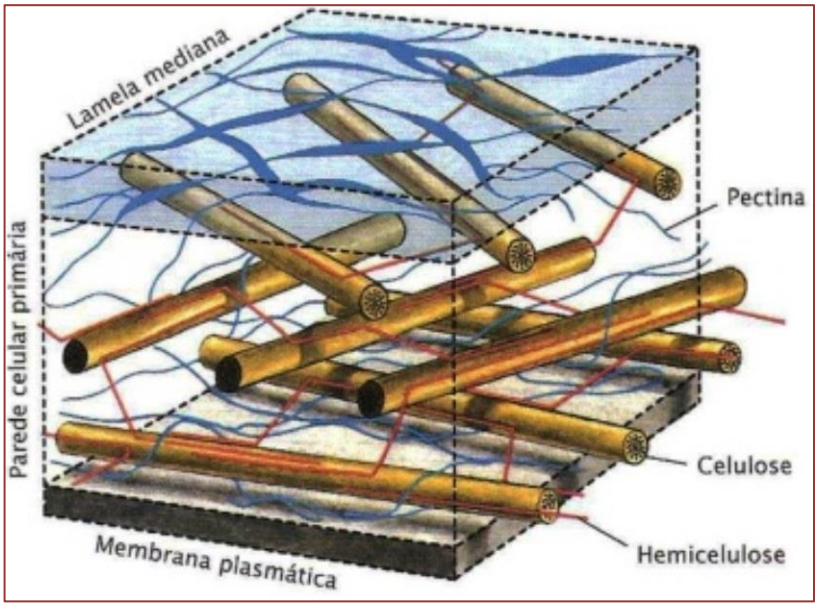
Fibras alimentares são as partes comestíveis de plantas ou carboidratos análogos, resistentes à digestão e absorção no intestino delgado, com fermentação completa ou parcial no intestino grosso. Na antiga definição somente os polímeros de carboidratos com dez ou mais unidades monoméricas pertenciam à classe de fibras alimentares, não incluindo os carboidratos com menor grau de polimerização e outras substâncias. Atualmente, este grupo é constituído por polissacarídeos (celulose, hemicelulose, pectinas,

gomas e mucilagens), oligossacarídeos, ligninas, amido resistente e outros componentes que não são carboidratos, por exemplo: polifenóis, ceras, saponinas, cutina, fitatos e proteínas resistentes.

Estes compostos encontram-se principalmente na parede celular primária e na lamela mediana do tecido vegetal, e também em determinados tecidos de reserva das plantas. As microfibrilas de celulose são interligadas pelas hemiceluloses formando uma rede complexa; as hemiceluloses são ligadas à superfície das microfibrilas por ligações de hidrogênio e a rede formada é permeada pelas pectinas, altamente hidrofílicas. A lamela mediana é rica em pectina e une as paredes primárias de células adjacentes (Figura 4).

Durante a elaboração do okara a moagem dos grãos provoca ruptura da parede celular expondo os componentes do interior da célula para o meio aquoso, mas as fibras alimentares permanecem intactas e são os constituintes em maior proporção deste coproduto. Juntamente com as proteínas, estes componentes possuem propriedades tecnofuncionais de interesse para a aplicação do okara como ingrediente alimentar, influenciando no processamento, armazenamento e nas características sensoriais do novo produto. Grupos polares e apolares são os responsáveis pelas propriedades tecnológicas, tais como: viscosidade, capacidade e retenção de água e óleo, formação de gel, solubilidade e propriedades emulsificantes. Cujas características podem ser afetadas, favoravelmente ou não, pela temperatura, secagem e métodos de elaboração do okara, mas a maior influência é oriunda das características físico-químicas das fibras e proteínas, como: tamanho, forma, flexibilidade da molécula, configuração, estrutura física, composição, características de superfície da molécula e capacidade de interagir com outros compostos.

Figura 4: Diagrama esquemático: complexa rede de celulose, hemicelulose e pectina



Fonte: Raven, Evert e Eichhorn (2014).

As fibras alimentares são classificadas de acordo com sua solubilidade em água podendo ser do tipo solúvel ou insolúvel. As fibras solúveis quando entram em contato com a água formam um retículo e a mistura torna-se geleificada, a exemplo desta classe de fibras têm-se as pectinas, gomas, mucilagens e algumas hemiceluloses. Já as fibras insolúveis se caracterizam pela baixa retenção de água formando misturas de baixa viscosidade, as celuloses, hemiceluloses e ligninas são constituintes desta fração. Como a maioria dos resíduos vegetais o okara é rico em fibras alimentares insolúveis e possui baixo conteúdo de fibras alimentares solúveis.

As propriedades de hidratação são medidas pelo volume de intumescimento (VI) e índice de absorção de água (IAA). O VI é definido como a fixação espontânea de água pela matriz macromolecular, é dependente da densidade, porosidade e solubilidade. Essa propriedade está relacionada ao fenômeno de difusão

induzido pela afinidade das moléculas do material pelas moléculas do fluido. Conforme o líquido interativo entra em contato com a molécula, ocorre um mecanismo do tipo “abertura de fibrilas”, assumindo uma forma porosa. Quando o intumescimento se inicia, mais grupos hidroxilas se tornam acessíveis para acomodar mais líquido, abrindo ainda mais a estrutura e resultando em maior intumescimento. Os grupos hidroxilas na região amorfa se tornam disponíveis, enquanto que das regiões cristalinas permanecem inacessíveis.

O IAA é determinado após o completo intumescimento da amostra e estima a quantidade de água retida na matriz sem que haja exsudação após a ação de uma força centrífuga, este índice depende da conformação molecular, tamanho das partículas, números de sítios de ligação das moléculas e força de centrifugação. As moléculas de água se ligam a diversos grupos hidrofílicos tanto das proteínas quanto das fibras. As fibras alimentares apresentam como principal característica físico-química a propriedade de hidratação, que ocorre por adsorção na superfície das macromoléculas e por incorporação às regiões intersticiais da matriz fibrosa, com a participação dos grupos hidroxilas livres dos polissacarídeos.

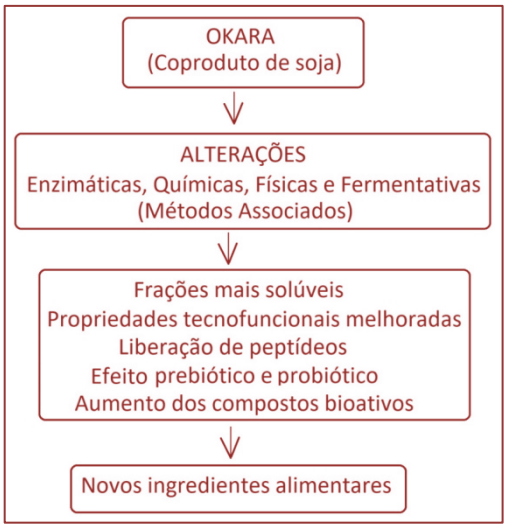
As propriedades lipofílicas são determinadas pelo índice de absorção de óleo (IAO), capacidade emulsificante (CE) e atividade emulsificante (AE), os quais estão relacionados com a quantidade de proteínas e fibras alimentares presentes. O IAO é a capacidade da matriz alimentar absorver e reter óleo, característica típica das fibras alimentares devido à presença de lignina na composição química, sendo que as insolúveis absorvem maior quantidade de óleo do que as solúveis. A CE é definida como o volume de óleo que pode ser emulsificado por um grama de proteína, antes que ocorra a inversão ou colapso da emulsão, portanto, quanto mais hidrofóbica for a proteína, menor será a tensão interfacial e maior será a capacidade emulsificante. E a AE mede, indiretamente, a área superficial da membrana proteica que recobre as gotículas de óleo.

6. ALTERAÇÕES ESTRUTURAIS NO OKARA E SEUS EFEITOS

A aplicação tecnológica do okara na formulação de alimentos está associada a propriedades sensoriais indesejáveis, principalmente quanto à textura e perda do volume no produto final, o que se deve à insolubilidade dos componentes. Diante disso, pesquisadores têm buscado a aplicação de diferentes tratamentos para a modificação das fibras alimentares e proteínas, resultando em frações mais solúveis, aumento das propriedades tecnofuncionais e melhora das características sensoriais, principalmente, em relação à sensação tátil na boca.

Modificações enzimáticas, químicas, físicas e fermentativas podem ser aplicadas na íntima associação dos compostos da parede celular visando principalmente a solubilização da lignina e redução da cristalinidade da celulose, gerando novos ingredientes com características desejáveis. Somadas às alterações alvos, também ocorrem outros efeitos benéficos com a ruptura da parede celular, tais como: exposição e solubilização das proteínas, liberação de peptídeos, efeito prebiótico e probiótico, e aumento de compostos bioativos com atividade antioxidante (Figura 5).

Figura 5: Valoração do okara: diferentes formas e resultados



Fonte: Autoria própria (2022).

O processo de hidrólise enzimática em materiais lignocelulósicos gera maior fração solúvel das fibras alimentares, modificação nas propriedades tecnofuncionais, disponibilização de fibras de baixa massa molecular, mono e dissacarídeos. Este método apresenta algumas vantagens, como: controle do processo, especificidade da reação, ausência de formação de produtos secundários e condições brandas de processo, temperatura, pH e pressão.

O okara hidrolisado com uma mistura de carboidrases (celulase, hemicelulase, arabanase, beta-glucanase e xilanase), na proporção de 0,8% do complexo enzimático em relação ao sólido a 46ºC durante 3h, aumentou em 105% o conteúdo de fibras solúveis, 73% a capacidade de absorção e retenção de óleo, 34% a capacidade de absorção e retenção de água e 13% o volume de intumescimento. A estrutura do okara modificado apresentou-se mais porosa, fragmentada e menos densa, comprovando as alterações morfológicas (Yoshida, 2020).

Para a solubilização da lignina das fibras alimentares o tratamento químico, com peróxido de hidrogênio alcalino (pH~11,5), tem sido utilizado, o qual forma o ânion hidroperóxido (HOO^-), principal radical ativo no peróxido, que se decompõe em radical hidroxil (-OH) e superóxido ($-O^{-2}$), devido à sua instabilidade neste meio. Estes radicais são os responsáveis pela oxidação da lignina e por ela estar associada aos outros compostos da parede celular, estes também podem ser degradados parcialmente, com redução na cristalinidade e liberação de proteínas. Assim, com a aplicação desse tratamento o material modificado pode apresentar maior teor de proteínas e fibras solúveis e menor de fibras insolúveis, como resultado da ruptura das ligações nativas, melhorando as propriedades de hidratação, devido ao aumento de porosidade do material, a qual facilita a entrada de água.

As melhores condições para aplicação do tratamento alcalino no okara foram utilizando peróxido de hidrogênio 2% a 42ºC por 5h, onde obtiveram aumento de 601% na quantidade de fibras solúveis, 609% na solubilidade das proteínas e 26% no índice de absorção de água e no volume de intumescimento. As autoras afirmaram que o tratamento alcalino com peróxido de hidrogênio tem grande potencial para valorizar o okara, gerando um novo produto com melhores propriedades tecnofuncionais e diferente composição química (Yoshida e Prudencio, 2020).

Tratamentos físicos como a utilização de ultrassom é um método promissor para alterar a estrutura dos alimentos e também pode ser utilizado como pré-tratamento. O ultrassom tem ganhado destaque por ser uma tecnologia limpa, com menor gasto de energia e sem substâncias químicas, além de ser um equipamento facilmente operado. O efeito exercido pelo ultrassom na estrutura e morfologia dos polissacarídeos e proteínas é através da cavitação, um fenômeno no qual ondas ultrassônicas, com vibrações mecânicas de alta frequência, geram muitas bolhas que ao colapsarem elevam a pressão e a temperatura do sistema, rompendo ligações intermoleculares.

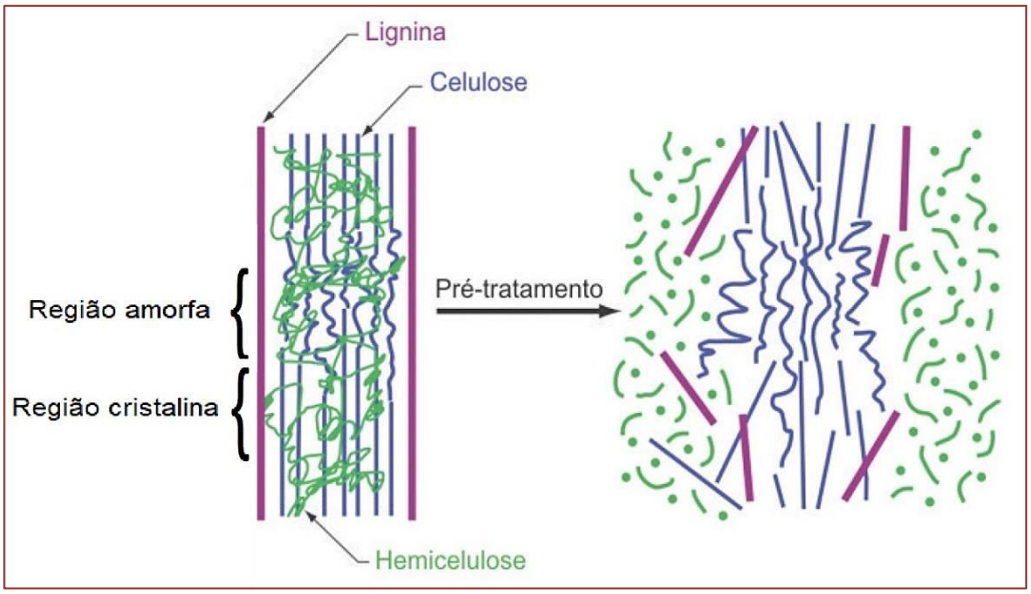
A extrusão também pode ser aplicada ao okara para modificar a estrutura nativa da parede celular, devido à quebra de ligações covalentes e não covalentes dos polissacarídeos e entre carboidratos e proteínas associadas às fibras alimentares. Esse método é um processo contínuo que alia calor, pressão e força de cisalhamento em curto tempo, com ausência de efluentes, que transformam parte das fibras insolúveis em solúveis e melhoram as propriedades de hidratação. No entanto, as condições do processo devem ser bem controladas para evitar excessivas quebras estruturais causando efeito contrário, ou seja, redução nas propriedades de hidratação, pela diminuição dos espaços intersticiais e destruição da estrutura que interage com a água.

O okara pode ser biotransformado por fermentação microbiana oferecendo algumas vantagens nutricionais e de processo, já que é considerado natural e 'amigo do meio ambiente' pela não geração de resíduos químicos. A bioconversão das proteínas de alto peso molecular para menores com o aumento da solubilidade e das propriedades espumantes, bem como geração de peptídeos bioativos, alteração do perfil de aminoácidos e a degradação dos inibidores de tripsina produzirão novos ingredientes proteicos a partir do okara. Além disso, é possível fermentar o okara com fungos e bactérias para a elaboração direta de novos alimentos, como os tradicionais *tempeh* e *natto* realizados com os grãos da soja. Algumas pesquisas também têm usado o okara como meio prebiótico, devido à composição de fibras alimentares e iogurtes probióticos através da fermentação com *Streptococcus* e *Lactobacillus* foram produzidos.

O sabor sensorialmente indesejável do okara é oriundo principalmente da oxidação lipídica pelas lipoxigenases durante o processo de obtenção, formando compostos descritos, por julgadores treinados, como: grama, verde, terroso e feijão. Após a fermentação com fungos comestíveis esse perfil foi significativamente melhorado, os sabores grama e verde diminuíram e surgiram os sabores floral, doce e aromático, aumentando consideravelmente a aceitação global. Essa percepção sensorial foi comprovada com a análise realizada por cromatografia gasosa, onde após a fermentação a quantidade dos compostos indesejáveis diminuiu (Wang, et al., 2022).

A associação de métodos para alterar a estrutura morfológica da parede celular do okara tem apresentado melhores resultados, isso se deve ao fato de tratamentos químicos ou físicos prévios provocarem a fragmentação da matriz (Figura 6). Após essa alteração, a hidrólise enzimática é beneficiada, pois o acesso da enzima à celulose é facilitado, assim, as carboidrases romperão as ligações glicosídicas entre os monossacarídeos formadores dos polissacarídeos, produzindo moléculas menores e solúveis.

Figura 6: Estrutura de materiais lignocelulósicos antes e após pré-tratamentos químicos ou físicos



Fonte: Yoshida, 2020

No okara modificado através de ultrassom em diferentes potências, seguido por hidrólise com tripsina foi verificada uma desorganização estrutural, principalmente quanto à cristalinidade. Ao ser utilizado

ultrassom a 800W a estrutura vítrea foi fraturada, o tamanho médio das partículas diminuiu de 82,24 µm para 53,96 µm, com maior homogeneização, e a cristalinidade reduziu de 55,14% para 36,47%. Também observaram maior viscosidade, volume de intumescimento e índice de absorção de água e óleo. Os autores mencionaram que as alterações no okara são dependentes das condições de processo e que o uso do ultrassom tem grande potencial de aplicação para alterações microestruturais (Fan et al., 2020).

Proteínas do okara desengordurado foram obtidas após aplicação de pré-tratamentos (homogeneização, ultrassom e vapor) associados com o tratamento alcalino (pH 12) onde foi observado que o uso do ultrassom foi melhor, pois não alterou as subunidades proteicas e melhorou as propriedades espumantes e emulsificantes, além da viscosidade. Assim, as proteínas obtidas têm grande potencial para aplicação em alimentos, especialmente em emulsões (Tao et al., 2019).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O okara, coproduto obtido no processo de obtenção de extrato de soja e tofu, pode ser usado diretamente como um tipo de alimento ou como ingrediente, sob a forma de okara fresco, grânulos secos ou farinha. A valoração deste produto se dá pela sua composição nutritiva e pelo aproveitamento de um resíduo que poderia ser descartado gerando prejuízos econômicos para a indústria e ao meio ambiente. Vários estudos já foram conduzidos para a aplicação do okara no desenvolvimento de novos alimentos, no entanto, para aproveitar o montante gerado industrialmente necessita-se de mais aplicações. Assim, novas pesquisas têm buscado alternativas para melhorar as características do okara e aumentar a sua aplicação.

Diversas investigações relataram o uso de tratamentos químicos, físicos, enzimáticos, fermentativos e suas associações para alterar a morfologia celular e melhorar as características físico-químicas das fibras alimentares e proteínas do okara, apresentando resultados eficientes e promissores. A exploração de diferentes condições dos tratamentos no okara está continuando, mas ainda há necessidade de experimentação e avaliação sobre o comportamento destes novos ingredientes quando aplicados em alimentos e bebidas.

Esses conhecimentos obtidos são oriundos de escala laboratorial, no entanto, para a transformação de escala, as indústrias precisam analisar a logística de obtenção e armazenamento do okara, que é altamente perecível, equilibrar custos de processamento, adequações de equipamentos e investimentos necessários. Outro fator relevante na escolha do processo é se ele gerará efluentes, já que atualmente a tendência por processos 'amigos do meio ambiente' são cada vez mais aplicados, assim, a biovaloração do okara e/ou o uso de tratamentos físicos podem ser mais convenientes.

REFERÊNCIAS

[1] BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 27 de 13 de janeiro de 1998. Regulamento Técnico Referente à Informação Nutricional Complementar. Disponível em:http://www.anvisa.gov.br/alimentos/legis

[2] BROCA, C.L.C.; DEVIDÉ, J.C.; SEIBEL, N.F. Elaboração e caracterização de farofas temperadas à base de okara desidratado. In: OLIVEIRA, A.F.; STORTO, L.J. (Org.) Tópicos em Ciência e Tecnologia de Alimentos: resultados de pesquisas acadêmicas. Vol. 1, São Paulo : Blucher. 2016. p. 37-54.

[3] CANDIA, A.S.; DIAS, I.P.; SEIBEL, N.F. Caracterização química e sensorial de chocolate com adição de okara seco. In: OLIVEIRA, A.F.; STORTO, L.J. (Org.) Tópicos em Ciência e Tecnologia de Alimentos: resultados de pesquisas acadêmicas. Vol. 1, São Paulo : Blucher. 2016. p. 55-72.

[4] CURTI, J.M.; SEIBEL, N.F. Barras de cereais contendo okara nas formulações. In: OLIVEIRA, A.F.; STORTO, L.J. (Org.) Tópicos em Ciência e Tecnologia de Alimentos: resultados de pesquisas acadêmicas. Vol. 3, São Paulo : Blucher. 2017. p. 95-112.

[5] ELLEUCH, M.; BEDIGIAN, D.; ROISEUX, O.; BESBES, S.; BLECKER, C.; ATTIA, H. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. Food Chemistry, v. 124, p. 411-421, jan. 2011.

[6] FAN, X; CHANG, H.; LIN, Y.; ZHAO, X.; ZHANG, A.; LI, S.; FENG, Z.; CHEN, X. Effects of ultrasound-assisted enzyme hydrolysis on the microstructure and physicochemical properties of okara fibers. Ultrasonics – Sonochemistry. 69. 2020.

[7] FALCÃO, H.G.; SEIBEL, N.F.; YAMAGUCHI, M.M. Optimization of beef patties formulation with textured soy protein, okara and bacon using a Simplex- centroid mixture design. International Journal of Latest Research in Science and Technology. v. 4, n. 6, p.104-109, 2015.

[8] JOSÉ, A. C. da S.; SILVA, N. L.V.; CATARINO, R. P. F.; SILVERIO, G.B.; DANIELS, J.; SEIBEL, N. F. Okara um resíduo industrial da soja a ser incorporado na alimentação humana. Revista Alimentos & Bebidas, Ed. 15, p. 30-33. 2015.

[9] PAVANELLO, A.C.L. Características químicas, físicas, tecnofuncionais e sensoriais de extrato de soja e okara obtidos pelos métodos chinês e japonês. 2019. 92p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos). – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

[10] PAVANELLO, A.C.L.; PAULO, A.F.S.; ARDILES, N.E.; SILVA, A.R.; SEIBEL, N.F. Pudim contendo okara úmido – desenvolvimento e caracterização. In: XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos e X CIGR Section IV International Technical Symposium. 2016. Gramado. Anais... Gramado : CBCTA.

[11] PEREIRA, D.G.; SEIBEL, N.F. Uso de diferentes métodos para a obtenção do extrato de soja e okara. In: OLIVEIRA, A.F.; STORTO, L.J. (Org.) Tópicos em Ciência e Tecnologia de Alimentos: resultados de pesquisas acadêmicas. Vol. 1, São Paulo : Blucher. 2016. p. 19-36.

[12] RODRIGUES, D.; SEIBEL, N. F. Aproveitamento de Resíduos Agroindustriais de Origem Vegetal para Alimentação Humana. In: CORDEIRO, A. M.; SILVA, E. M. (Org.) Ciência e Tecnologia de Alimentos: pesquisa e práticas contemporâneas. Guarujá: Editora Científica. 2021. p. 90-105.

[13] O'TOOLE, D. K. Soybean: Soymilk, Tofu and Okara. Encyclopedia of Food Grains, v. 3, p. 185-195, 2016.

[14] RAVEN, H.P.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. Biologia Vegetal. 8. ed. Rio de Janeiro : Guanabara Koogan Ltda., 2014.

[15] SEIBEL, N. F. Soja: cultivo, benefícios e processamento. Curitiba: CRV, 2018.

[16] SEIBEL, N. F.; BELEIA, A. D. P. Características químicas e funcionalidade tecnológica de ingredientes de soja [Glycine Max (L.) Merrill]: carboidratos e proteínas. Brazilian Journal of Food Technology, v. 12, n. 2, p. 113-122, jul. 2009a.

[17] SEIBEL, N. F.; BELEIA, A. D. P. Hidrólise enzimática de fibras de cotilédones de soja e caracterização das frações sólidas e solúveis. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 44, n. 10, p. 1336-1345, out. 2009b.

[18] SEIBEL, N.F.; RIBEIRO, G.P.; DIAS, I.P.;MATIAS, N.R.P.. Incorporação de farinha de okara em pães de queijo e sua composição química. In: AMÉRICAS: International Conference on Soybean Utilization, 2013. Bento Gonçalves. Anais eletrônicos... Bento Gonçalves : EMBRAPA.

[19] SILVA, N.L.V.; CATARINO, R.P.F.; SILVEIRA, V.A.I.; SEIBEL, N.F. Kibe contendo okara - desenvolvimento e caracterização. In: XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos e X CIGR Section IV International Technical Symposium. 2016. Gramado. Anais... Gramado : CBCTA.

[20] SILVA, T.F.; PAULO, A.F.S.; ARDILES, N.E.; SILVA, A.R.; SEIBEL, N.F. Pão elaborado com farinha de okara. In: XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos e X CIGR Section IV International Technical Symposium. 2016. Gramado. Anais... Gramado : CBCTA.

[21] TAO, X.; CAI, Y.; LIO, T.; LONG, Z.; HUANG, L.; DENG, X.; ZHAO, Q.; ZHAO, M. Effects of pretreatments on the structure and functional properties of okara protein. Food Hydrocolloids. 90, p. 394-402. 2019.

[22] VONG, W. C.; LIU, S. Biovalorisation of okara (soybean residue) for food and nutrition. Trends in Food Science & Technology, v. 52, p. 139-147, jun. 2016.

[23] WANG, Z.; GAO, T.; HE, Z.; ZENG, M.; QIN, F.; CHEN, J. Reduction of off-flavor volatile compounds in okara by fermentation with four edible fungi. LWT – Food Science and Technology, 155. 2022.

[24] YOSHIDA, B. Y. Okara modificado por peróxido de hidrogênio alcalino, hidrólise enzimática e extrusão: propriedades física, químicas e tecnofuncionais. 2020. 136f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020. Disponível em: http://www.bibliotecadigital.uel.br/document/?code=vtls000231791

[25] YOSHIDA, B. Y.; PEREIRA, D. G.; CASTILHO, S. P. G; SEIBEL, N.F. Produção e caracterização de cookies contendo farinha de okara. Alim. Nutr. v. 25, n. 1, p. 49-54. 2014.

[26] YOSHIDA, B. Y.; PRUDENCIO, S. H. Alkaline hydrogen peroxide improves physical, chemical, and technofunctional properties of okara. Food Chemistry, v. 323, n. 126776, 2020.

Capítulo 7

Liofilização da polpa de cajá com adição de cultura probiótica

Juliana Tatiaia de Morais Dias
Thais Jaciane Araujo Rodrigues
Aline Pacheco Albuquerque
Douglas Vinicius Pinheiro de Figueiredo
Fabrícia Santos Andrade
Ana Paula Trindade Rocha

Resumo: O crescente interesse dos consumidores por produtos mais saudáveis e com propriedades terapêuticas tem ampliado cada vez mais o mercado para a elaboração de produtos funcionais, como as bebidas probióticas que são fontes de microrganismos que proporcionam benefícios à saúde. As bebidas à base de frutas são consideradas apropriadas como matriz para o desenvolvimento de produtos probióticos por não conterem alergênicos lácteos que impedem o consumo destes produtos por parte da população. Com base nisso, o presente trabalho objetivou-se preservar ao máximo as propriedades funcionais na polpa de cajá probiótico em pó, obtida pelo processo de secagem em liofilizador através da adição da cultura *Bifidobacterium animallis* ssp. latis. A polpa *in natura* foi inoculada com a bactéria *Bifidobacterium animallis* ssp. latis, submetida a caracterização físico-química (pH, acidez, sólidos solúveis totais, teor de água e sólidos totais) e caracterização químicas (carboidratos redutores, ácido ascórbico, compostos fenólicos totais e carotenoides totais), onde observou-se que a inoculação da bactéria não trouxe grandes modificações a polpa integral, sendo esse um ponto positivo, pois conseguiu-se conservar as características da mesma. Na liofilização pode ser constatado que o melhor rendimento foi observado no experimento aonde trabalhou-se com os níveis máximos do planejamento experimental. Em contra partida para a variável número de células viáveis, foi observado que quanto menor a quantidade de adjuvante presente melhor o desenvolvimento e preservação da bactéria no processo por conta do ambiente competitivo aos microrganismos.

Palavras-chave: Secagem, *Bifidobacterium animallis* ssp. latis, alimento funcional.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma das maiores biodiversidades do planeta sendo o terceiro colocado no ranking das principais nações produtoras de frutas, principalmente as nativas, que vêm conquistando espaço fora das regiões de ocorrência natural (ANUÁRIO DE FRUTICULTURA, 2014). Entre as espécies frutíferas importantes destacam-se as do gênero Spondias (cajá, cajarana, umbu-cajá, seriguela). A exploração dessas espécies ocorre de forma extrativista, a grande maioria do cultivo se dá em pomares domésticos, ficando as agroindústrias dependentes dessa produção, que é sazonal, mas apesar de não estar incluídas em dados oficiais possuem grande importância socioeconômica para as regiões Norte e Nordeste do Brasil (SILVINO et al., 2017).

No estudo da qualidade pós-colheita em frutos nativos, inúmeras características podem ser avaliadas, como o pH, acidez total, sólidos totais, teor de ácido ascórbico, pectina total, pectina solúvel, antocianinas, flavonoides, atividade antioxidante, entre outros parâmetros. As informações sobre os parâmetros físico-químicos, nutricionais e funcionais constituem-se em ferramentas de qualidade importantes em frutos, pois contribui para o interesse da população pelo consumo dos mesmos, bem como para o desenvolvimento de novos produtos, oferecendo uma alternativa de atividade sustentável para as populações das regiões de ocorrência das espécies frutíferas nativas (SANTOS et al., 2018).

A alta perecibilidade dos frutos e sua sazonalidade impulsionam o desenvolvimento de processos tecnológicos, minimizando as perdas que podem ocorrer durante a comercialização do produto in natura, além de permitir estender sua vida útil com manutenção da qualidade (SILVA et al., 2018).

A crescente preocupação em se ingerir alimentos saudáveis, que favoreçam o bem estar que auxiliem na redução de doenças amplia a demanda por alimentos funcionais, com especial atenção para os probióticos, que são cada vez mais utilizados por sua ação direta e indireta na defesa do organismo contra infecções, prevenção do câncer e reconstituição da flora intestinal humana (GONÇALVES et al., 2014).

Os alimentos probióticos contém microrganismos vivos, quando administrados em quantidades adequadas, conferem um benefício à saúde do hospedeiro (FAO / WHO, 2002). Portanto, a legislação brasileira considera um alimento probiótico aquele que contém quantidade mínima de células viáveis probióticas entre 10^8 a 10^9 UFC/mL em produtos probióticos (BRASIL, 2008). De acordo com Maldonado et al. (2017), os sucos de frutas podem ser um bom substrato para culturas probióticas, por que possuem vários nutrientes propícios ao seu crescimento, sendo este fator essencial para que os probióticos exerçam suas funções. Dentre os micro-organismos probióticos, as bactérias do gênero Bifidobacterium estão entre as mais utilizadas pela indústria e apresentam uma boa adaptação e fixação no trato gastrointestinal. No entanto, seu uso na industrialização de alimentos probióticos representa um desafio uma vez que esta bactéria é estritamente anaeróbica (SILVA, 2016).

Segundo Dos Santos et al. (2018) os consumidores estão cada vez mais exigentes em relação à qualidade em frutos, o que tem se tornado um fator essencial para a conquista e ampliação de mercado o que torna a liofilização o método de secagem mais utilizado permitindo a conservação de alimentos por um período mais longo com a manutenção da qualidade. A liofilização é um método de secagem capaz de obter um produto com umidade entre 3 a 4%, tendo como objetivo minimizar as perdas dos compostos durante o processo de secagem. Esse processo é dividido em duas etapas básicas, primeiramente ocorre o congelamento do produto e, posteriormente, a secagem por sublimação do gelo contido a uma pressão reduzida. A grande característica da liofilização é a secagem do alimento sem submissão a altas temperaturas, indicado para alimentos termossensíveis (SOARES, 2018).

Com isto o presente trabalho teve como objetivo preservar ao máximo das propriedades funcionais na polpa de cajá probiótico em pó, obtida pelo processo de secagem em liofilizador através da adição da cultura *Bifidobacterium animallis* ssp. latis.

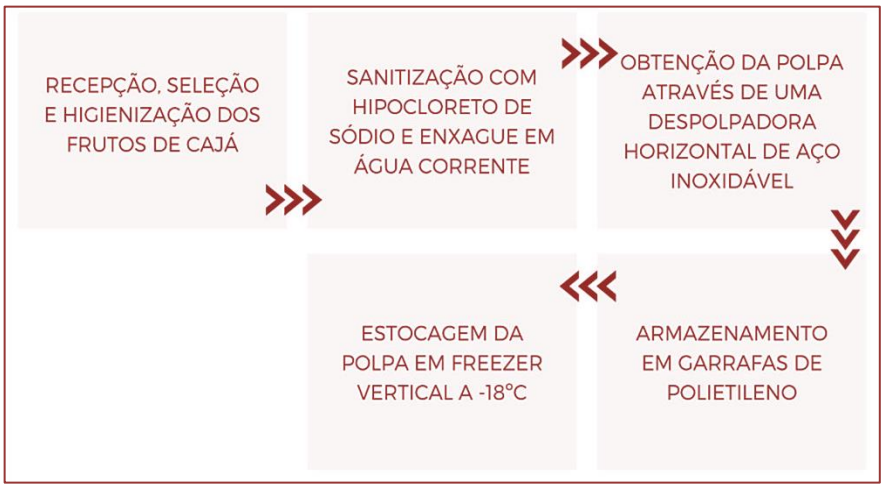
2. MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento experimental deste estudo foi conduzido no Laboratório de Engenharia de Alimentos (LEA), pertencente à Universidade Federal de Campina Grande, na Paraíba.

- MATÉRIA-PRIMA

Os frutos de cajá (*Spondias mobim* L.) utilizados foram provenientes do cariri paraibano, colhidas no período da safra de 2019, com estádio de maturação definido como maduro foram submetidos a um fluxograma para preparo da polpa conforme Figura 1. Os frutos foram recepcionados, selecionados e higienizados, seguido da extração da polpa em despolpadeira (marca BONINA – modelo compacto 670) e armazenamento sob refrigeração (-18 ºC) em freezer vertical (marca GELOPAR). A cultuta probiótica utilizada foi a *Bifidobacterium animalis* ssp. latis (LAFTI® B94).

Figura 1 – Fluxograma de recepção do fruto e obtenção da polpa



- PROCESSAMENTO DO CAJÁ PARA OBTENÇÃO DA POLPA DE CAJÁ INTEGRAL

Inicialmente os frutos foram recepcionados, selecionados e pesados no laboratório para posterior higienização. Estes foram submetidos a uma lavagem com água corrente, visando remover sujidades e materiais estranhos, sendo sanitizados logo após em solução de hipoclorito de sódio, a 50 ppm de cloro ativo, por 15 minutos e, posteriormente, enxaguados em água corrente a fim de se retirar o excesso da solução. Após a higienização obtenção da polpa de cajá foi realizada em despolpadeira horizontal de aço inoxidável. A polpa obtida foi armazenada em garrafas plásticas de polietileno e estocada em freezer vertical, a -18 ºC, para posterior realização das análises químicas e físico-químicas.

- INOCULAÇÃO DA CULTURA PARA OBTENÇÃO DA POLPA DE CAJÁ PROBIÓTICA

Inicialmente, realizou-se o ajuste do pH inicial das polpas para aproximadamente 7,0 utilizando solução de hidróxido de sódio (NaOH), visto que é a base considerada como aditivo alimentar com função reguladora da acidez (ANVISA, 2007), seguido de tratamento térmico à 65 ºC/20min em banho-maria. Após resfriada foi realizada a adição da cultura probiótica comercial (*Bifidobacterium animalis* ssp. latis) em uma concentração de 1,0%. A inoculação foi executada de forma asséptica em câmara de fluxo laminar, sendo a incubação prosseguida a 37±2°C por 24 horas.

- CONTAGEM DO NÚMERO DE CÉLULAS VIÁVEIS

A contagem das bactérias probióticas foi realizada a partir da diluição seriada de uma amostra do produto em água peptonada 1% (m/v) de acordo com metodologia da International Dairy Federation ("ISO 20128 | IDF 192,2006.). O plaqueamento foi realizado em placas de Petri por inoculação em profundidade de Agar MRS, adicionado de L-cisteína a 0,5 g/L (DE MAN, ROGOSA & SHARPE, 1960), incubadas a 37±2°C por 72 horas em jarras de anaerobiose contendo sistema de remoção de oxigênio. Os resultados são expressos em Unidade Formadora de Colônia por grama (UFC/g).

- PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL PARA SECAGEM EM LIOFILIZADOR

Visando obter uma maior viabilidade dos micro-organismos probióticos, foi avaliada a influência dos adjuvantes de secagem no processo de liofilização, através da aplicação de planejamento fatorial. Para análise de regressão não linear dos dados experimentais, foi utilizado um planejamento fatorial 2^2 com três repetições no ponto central, totalizando 7 experimentos. O planejamento utilizado neste trabalho teve como objetivo, avaliar a influência das variáveis independentes: concentração de maltodextrina e inulina, sobre as variáveis dependentes: rendimento e número de células viáveis, diminuindo desta forma, a quantidade de ensaios e consequentemente, o tempo e custo empregado. Os níveis superiores, inferiores e os pontos centrais estão na Tabela 1.

Tabela 1 – Níveis do planejamento experimental

Experimento	C_{MALTO} (%)	C_{INU} (%)
1	3,0	1,0
2	7,0	1,0
3	3,0	2,0
4	7,0	2,0
5	5,0	2,0
6	5,0	2,0
7	5,0	2,0

Dito como sendo a eficiência da produção. Sendo definida como a razão entre a massa do pó coletada após o período de secagem e a massa total que será alimentada no secador. Para determinação do rendimento, sendo uma das variáveis dependentes do processo, foi utilizada a Equação 1:

$$R(\%) = \frac{M_C * 100}{M_A} \qquad (1)$$

Em que, R (%) - Rendimento do processo em porcentagem; M_c - Massa coletada (g); M_A - Massa alimentada (g).

As contagens das bactérias probióticas foram realizadas a partir da diluição seriada da amostra em água, de acordo com metodologia da International Dairy Federation ("ISO 20128 | IDF 192,2006.) já especificada anteriormente.

- CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E QUÍMICA DA POLPA DE CAJÁ INTEGRAL E PROBIÓTICA, E PROBIÓTICA EM PÓ

Os procedimentos analíticos realizados conforme as instruções Associação Oficial de Análises Químicas (AOAC, 2010) foram as análises de: pH, acidez, sólidos solúveis totais, teor de água e sólidos totais. Já a análise de carboidratos redutores, baseou-se no método proposto por (MILLER, 1959), o teor de ácido ascórbico foi realizado conforme metodologia descrita por Keller and Schwager (1977), o teor de compostos fenólicos totais foi obtido de acordo com método descrito por Singleton & Rossi (1965) utilizando o reagente Folin-Ciocalteau e o teor de carotenoides totais segundo Lichtenthaler, (1987). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

- ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados das análises fisico-quimicas e quimicas foram submetidos à análise de variância de fator único (ANOVA) de 5% de probabilidade e as respostas qualitativas significativas foram submetidas ao teste de Tukey adotando-se o mesmo nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa Assistat 7.0. No delineamento experimental (DOE), os efeitos das variáveis independentes sobre as variáveis dependentes foi avaliado mediante análise estatística utilizando o programa computacional Statistica versão 7.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

- CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E QUÍMICA DA POLPA DO CAJÁ INTEGRAL/PROBIÓTICA

Na Tabela 2 é possível observar os resultados obtidos para os parâmetros físico-químicos e químicos, com o intuito de analisar as possíveis alterações causadas pelo microrganismo na polpa de cajá após inoculação.

O parâmetro pH da polpa integral pode ser considerada como sendo um meio ácido devido ao valor obtido (2,9), onde de acordo com a Instrução Normativa nº 01, de 7 de janeiro de 2000 (BRASIL, 2000) o pH mínimo para a polpa de cajá é de 2,2, estando a mesma de acordo com a legislação vigente. Porém quando comparado a polpa probiótica, pode-se notar uma divergência de resultados, elevando de um meio ácido para próximo da neutralidade, esse comportamento pode ser observado devido a adição do hidróxido de sódio para ajuste do pH e ação da bactéria *Bifidobacterium animalis* ssp. latis, pois a mesma se desenvolve com mais eficácia em pH entre 7,0 e 6,5.

A acidez é um importante parâmetro físico-químico de um produto, uma vez que está diretamente ligada com o estado de conservação do alimento. Observa-se uma diferença nos resultados obtidos uma vez que na polpa integral encontrou-se resultados de 1,7% de ácido cítrico, resultados com média um pouco abaixo encontrada por Machado (2017). Porém na polpa probiótica notou-se a diminuição de 84%, isto se deu pela adição da bactéria a polpa, como já relatado anteriormente para o pH.

Tabela 2 – Caracterização físico-química e química da polpa de cajá integral e probiótica

Parâmetro	Cajá Integral	Cajá Probiótico
pH	2.913± 0,032	6.033±0.057
Acidez (% Ácido Cítrico)	1,728±0,096	0,274±0,036
Sólidos Solúveis Totais(°Brix)	11,833± 0,115	11.333±0,288
Umidade (%)	86,297±0,133	87,533±0,152
Sólidos Totais (%)	13,703±0,133	12,466±0,152
Fenólicos (mg/g)	185,362±6,148	185,260±0,533
Ácido Ascórbico (mg/g)	15,842±0,159	15,555±0,057
Carboidratos Redutores (ug/mg)	3,638±0,082	3,203±0,03
Carotenoides (mg/100g)	0,0234±0,0009	0,0366±0,0026

Média± Desvio padrão

O teor de sólidos solúveis totais encontrados no estudo foi de aproximadamente 11,8º Brix na polpa integral, resultados semelhantes foram obtidos por Alencar (2017), que em seu estudo obteve resultados de 12,8º Brix para a polpa de cajá. Não havendo divergência elevada quando comparado com o resultado da polpa probiótica (11.3º Brix), mas podendo explicar esta pequena diminuição devido ao consumo de oligofrutoses e outros nutrientes presentes na polpa pela bactéria para seu desenvolvimento.

O teor de água encontrada na polpa integral e probiótica não apresentou diferença elevada ao comparar os dois resultados onde ambos são aceitos por se tratar de um produto com alta perecibilidade, resultados semelhantes ao de Silvino et al. (2017) em sua pesquisa com *Spondias* onde obteve 86.78%. Sendo assim, é possível ressaltar que a bactéria não trouxe mudança neste parâmetro.

A quantidade de sólidos totais obtidos está em torno de 13% para a polpa integral e 12% para a polpa probiótica. Sendo possível observar que após a adição da bactéria ocorreu a redução dos sólidos totais, onde esse comportamento pode ser justificado pelo fato da bactéria necessitar de insumos para consumo e consequente desenvolvimento, reduzindo assim o teor de sólidos da polpa ao ser inoculada na mesma.

As *Spondias* são um grupo de frutas que apresentam boas fontes de compostos fenólicos, trazendo consigo a uma elevada atividade antioxidante. No presente estudo observou-se que a quantidade de fenólicos totais não apresentou uma variância quando comparado os resultados da polpa natural para a probiótica, além disso o valor observado foi superior ao encontrado por Melo et al. (2016) ao pesquisar sobre o total de fenólicos em polpas de frutas congeladas, onde obtiveram aproximadamente 126 mg em polpa de cajá.

No parâmetro de Vitamina C, as *Spondias* ganham destaque uma vez que apresentam uma boa concentração, devido ao seu alto poder redutor, esta atua como potente antioxidante inativando os radicais livres, nutrindo as células e protegendo-as contra danos oxidativos, ajudando também na

imunidade, na cicatrização de feridas e na prevenção de doenças degenerativas. Notou-se que não ocorreu uma variação significativa mantendo-se numa média de 15mg/g, valor diferente do encontrado por Alencar (2017) onde o mesmo encontrou resultados de até 5,98 mg/g.

Os carboidratos redutores também apresentaram resultados semelhantes para a polpa integral e probiótica, quantificações essas próximas às encontradas por Silvino et al. (2017) que encontrou resultados variando de 4,13 a 4,25 na polpa de cajá. Assim pode-se observar que os compostos fenólicos, vitamina C e carboidratos redutores não apresentaram mudanças após a adição da bactéria na polpa, sendo possível constatar que a inoculação não gerou alterações na composição química da polpa integral, conservando suas características.

Carotenoides são pigmentos naturais produzidos, variando da cor amarela a vermelha, sendo característicos da cor do cajá. Notou-se um aumento deste pigmento, cerca de 55% quando comparada a polpa integral e a probiótica, tal aumento se deu devido a utilização de hidróxido de sódio no período de neutralização da polpa, onde a mesma reagia alterando a coloração para um tom um pouco mais forte que o da polpa *in natura*.

- ENSAIOS DE SECAGEM

Na Tabela 3 temos os ensaios de secagem, mostrando assim os resultados das variáveis dependentes obtidas, rendimento e número de células viáveis.

A partir dos resultados obtidos, é possível analisar os experimentos e observar que o melhor rendimento foi observado no experimento 4, onde de acordo com a Tabela 1 trabalhou-se com 7% de maltodextrina e 2% de inulina, ou seja, foi o experimento onde estavam os níveis máximos do planejamento experimental. Em contra partida, o menor rendimento foi encontrado no experimento 1 (12,6%), com 3% de maltodextrina e 1% de inulina, sendo esse o experimento dos níveis mínimos do planejamento experimental, mostrando assim, que para a variável rendimento, quando maior a quantidade de adjuvante adicionada maior o rendimento do processo nos níveis executados nesse processo de secagem.

Tabela 3 – Ensaio de Secagem

Ensaio	Rendimento (%)	Número de Células viáveis (UFC/g)
1	12,6	1,03E+10
2	14,6	9,93E+09
3	14,8	9,12E+09
4	18,1	6,1E+09
5	15,4	6,62E+09
6	15,4	6,45E+09
7	15,6	6,33E+09

Para a variável número de células viáveis, observamos um comportamento oposto, onde o maior número de células se encontra no experimento 1 (1,0E+10UFC/g) e o menor no experimento 4 (6,1E+09UFC/g), mostrando que neste caso quanto menor a quantidade de adjuvante presente melhor o desenvolvimento e preservação da bactéria no processo, isso se dá devido a elevada presença de substrato tornar o ambiente competitivo aos microrganismos.

- COEFICIENTES DE REGRESSÃO

A Tabela 4 demonstra a influência de cada variável em função dos coeficientes utilizados para ajustar a equação polinomial da reta, os valores de F e o coeficiente de determinação R^2 após reparametrização dos dados quando necessário.

Sendo β_0 a média de cada variável dependente, pode-se observar que o rendimento teve uma base de 15,21%, sendo esse um resultado satisfatório para um processo de secagem e de 7,83E+09UFC/g para o número de células viáveis, sendo essa uma faixa aceita pelos órgãos competentes para o consumo e para aceitação de um alimento como probiótico.

Tabela 4 – Coeficientes de regressão obtidos por delineamento experimental (DOE)

Coeficientes		R (%)	NCV
β_0	-	15,2142857	7,83E+09
β_1	C_{MALTO}	1,325	-8,47E+08
β_2	C_{INU}	1,425	-1,25E+09
β_3	$C_{MALTO}.C_{INU}$	NS	-6,62E+08
R^2		0,95081	0,52456
F		1192,64	488,47

β_0-β_3: Coeficientes de regressão; R^2: Coeficiente de determinação; C_{MALTO}: Concentração de maltodextrina; C_{INU}: Concentração de inulina; NS: Não Significativo; R: Rendimento; NCV: Número de células viáveis.

O coeficiente β_1 diz respeito a concentração de maltodextrina, que teve uma influência positiva para o rendimento, ou seja, ao aumentar a concentração de maltodextrina no processo é possível obter um aumento na média do rendimento, mas negativo no número de células viáveis, mostrando que ao aumentar a concentração desse adjuvante há uma redução na média, resultando na morte das bactérias devido ao excesso de substrato e consequentemente a uma maior competição pela sobrevivência.

Quanto ao β_2 observamos que o mesmo comportamento que foi analisado em β_1 foi analisado nesse coeficiente para ambas as variáveis dependentes, mostrando que para esse tipo de secagem e produto, ambos os adjuvantes/encapsulantes seguem o mesmo mecanismo de funcionamento, nas concentrações usadas nesse planejamento.

Já na interação das variáveis independentes, representada por β_3, não tivemos coeficiente significativo para o rendimento, ou seja, essa interação não trouxe resultados relevantes, mas para o número de células viáveis a influência observada foi negativa, mostrando que ao aumentar a concentração de ambos em paralelo há uma redução das células presentes na polpa.

O coeficiente de determinação R^2 foi 0,95081 para o rendimento, sendo esse um resultado satisfatório já que se trata de uma variável qualitativa diretamente ligada ao processo. Já para o número de células viáveis observamos um R^2 relativamente baixo (0,5246), isso porque essa variável trata da contabilização de células vivas e com variações e funções ligadas a mecanismos externos e que se modificam a todo instante durante o processo, podendo então ser aceito.

Já o valor de F, para o teste F foi significativo para ambas as variáveis, pois o valor de F calculado foi maior que o de F tabelado, sendo ele 6,94 para o rendimento (graus de liberdade 2 e 4) e 9,28 para o número de células viáveis (graus de liberdade 3 e 3).

- SUPERFÍCIES DE RESPOSTA

As superfícies de reposta presentes nas Figuras 2 e 3 foram geradas para análise de tendências e de regiões de interesse ao processo, realizando as interações entre as variáveis independentes.

Quanto ao rendimento, como mostra a Figura 2, é possivel observar que a superficie de resposta confima os resultados obtidos anteriormente para os dados de secagem e consequentemente para o planejamento experimental, mostrando que a tendencia do processo é ao aumentar a concentração de adjuvantes resultar em um aumento no rendimento, e ao reduzir ocorrer uma redução no mesmo. Sendo assim uma pauta para trabalhos futuros a extensão da matriz estudada para então observar se uma concentração maior do que a utilizada seria mais satisfatoria ou não ao processo de secagem para a polpa probiotica de cajá no liofilizador. O mesmo ocorre em relação ao número de células viáveis, conforme Figura 3, sendo possível observar que uma maior concentração gera a redução da quantidade de bactérias vivas, como já discutido anteriormente.

Figura 2 – Superficie de resposta da variavel rendimento

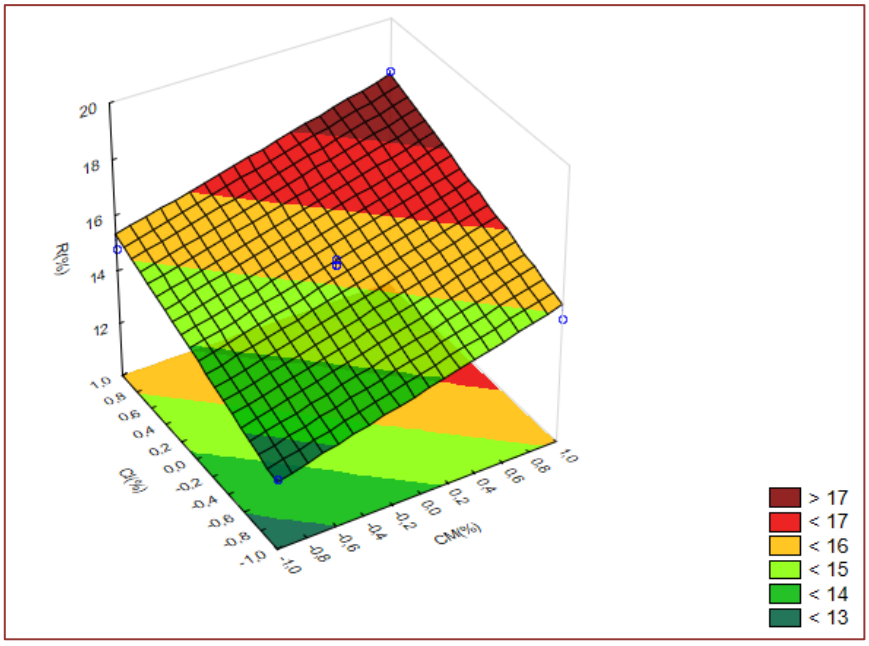
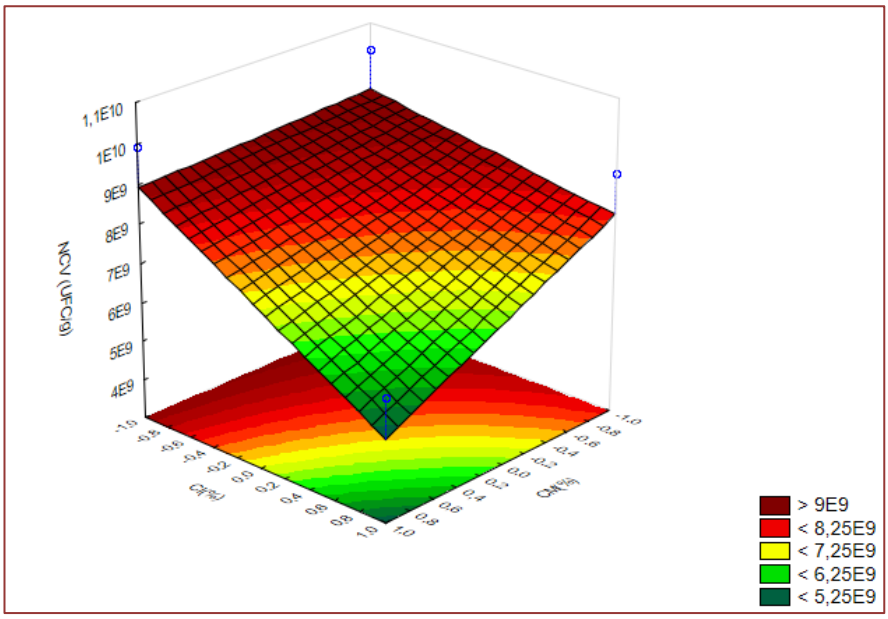


Figura 3 – Superficie de resposta da variavel número de células viáveis



- CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA POLPA PROBIÓTICA EM PÓ LIOFILIZADA

Na Tabela 5 é possível observar os resultados obtidos para os parâmetros físico-químicos na polpa após a secagem no liofilizador, para os sete experimentos obtidos através do planejamento experimental.

Os parâmetros pH e acidez estão diretamente ligados a conservação do alimento e para os experimentos, observa-se que não houve diferença elevada entre os valores obtidos, sem diferença estatisticamente significativa no pH mais com diferença estatisticamente significativa na acidez, podendo ser justificada pelos adjuvantes adicionados.

O teor de água observado está entre 17,619% (experimento 2) e 24,182 (experimento 1), sendo os valores obtidos baixos e consequentemente aceitos devido a característica principal do produto final obtido, pó, ou seja, um produto com baixo conteúdo de água e elevado teor de sólidos, pois o mesmo foi submetido a

um processo de secagem que o fez chegar a esse perfil.

Além disso, a polpa probiótica de cajá em pó trouxe valores representativos de fenólicos, ácido ascórbico e carboidratos redutores. Esses valores eram esperados por se tratar de uma espécie (*Spondias*) em que apresenta frutas com considerados teores de compostos bioativos e de vitaminas (SOUZA et al., 2018). É possível observar que os valores foram reduzidos quando comparados com o da polpa probiótica liquida, mas isso se dá pelo fato de que o processo de secagem também é dito como um processo de degradação, onde em alguns casos pode haver a redução de compostos, como aconteceu nas presentes amostras, mesmo se tratando de uma secagem a frio, mostrando assim que as temperaturas baixas também podem causar esse tipo de fenômeno.

Tabela 5 – Caracterização físico-química da polpa de cajá liofilizada

Exp.	C_M (%)	C_I (%)	pH	AT (% $C_6H_8O_7$)	TA (%)	TS (%)	FT (mg/g)	AA (mg/g)	CR (mg/g)
1	3	1	5,08± 0,02a	1,677± 0,05a	24,182± 0,03a	75,817± 0,03b	25,286± 0,61c	0,0633± 0,007a	1,6E-4± 1E-6a
2	7	1	5,42± 0,02a	1,403± 0,04c	17,619± 0,02d	82,380± 0,02a	22,996± 0,101d	0,244± 0,013a	1,61E+4± 7E-7a
3	3	2	5,47± 0,02a	1,51± 0,04b	20,616± 0,03c	77,383± 0,03b	13,32± 0,475f	0,359± 0,001a	1,41E-4± 8E-7b
4	7	2	5,34± 0,047a	1,41± 0,03b	18,202± 0,03d	81,797± 0,03a	29,3± 0,77a	0,157± 0,015a	8,9E-5± 4E-8d
5	5	2	5,40± 0,04a	1,457± 0,04bc	20,752± 0,02c	79,247± 0,02ab	25,593± 0,097c	0,143± 0,014a	7,4E-5± 6E-8e
6	5	2	5,34± 0,04a	1,447± 0,03c	22,310± 0,02b	77,689± 0,02b	27,8± 0,68b	0,128± 0,013a	1,32E-4± 1E-6b
7	5	2	5,40± 0,05a	1,446± 0,03c	21,255± 0,03c	78,744± 0,03ab	27,403± 0,079b	0,142± 0,006a	1,03E-4± 8E-7c

C_M: Concentração de maltodextrina; C_I: Concentração de inulina. AT: Acidez titulável; TA: Teor de água; TS: Teor de sólidos; Aw: Atividade de água; FT: Fenólicos totais; AA: Ácido ascórbico; CR: Carboidratos redutores; CT: Carotenoides totais. $C_6H_8O_7$: ácido cítrico. Média ± Desvio padrão. Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente (P ≤0,05) do padrão segundo teste de Tukey a 5% de significância.

Além disso, estatisticamente falando os fenólicos totais e os carboidratos redutores apresentaram diferença estatisticamente significativa entre as amostras, enquanto o ácido ascórbico não apresentou diferença estatisticamente significativa entre as amostras, não havendo interferência na adição do adjuvante e encapsulante para formulação.

4. CONCLUSÃO

No presente estudo foi possível observar que a inoculação da cultura probiótica, *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis, em polpa integral de cajá pode ser considerado como um alimento funcional novo e que pode ser de interesse as indústrias alimentícias, pois a utilização de sucos de frutas como fonte vegetal para substituição de fontes animais como o leite na obtenção de produtos fermentados vem se incrementando devido aos benefícios naturais, onde ele manteve as características oriundas da polpa integral mais com a funcionalidade e benefícios de uma polpa probiótica.

REFERÊNCIAS

[1] A.O.A.C, Official Methods of Analysis of AOAC International, twentieth ed., AOAC international, Rockville, Maryland, USA, 2016.

[2] ALENCAR, H. G. Tecnologia de produção de hidromel enriquecido com cajá por via fermentativa. Anais Seminário de Iniciação Científica, n. 21, 2017.

[3] ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: Ed. Gazeta, 2014. 140p. Disponível em: <http://www.grupogaz.com.br/tratadas/eo_edicao/4/2014/03/20140325_3d8463877/pdf/4333_fruti cultura_2014.pdf> Acesso em: 05 mai. 2020.

[4] ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Alimentos com Alegação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos, 2013.

[5] ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Alimentos com Alegação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos, 2013.

[6] ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Informe Técnico nº33, de 25 de outubro de 2007. Hidróxido de sódio - INS 524, 2007.

[7] CAVALCANTE, M. D.; PLACIDO, G. R., CAGNIN, C.; DE FREITAS, B. S. M.; DE OLIVEIRA, D. E. C., DOS SANTOS, A. L. R.; DE SOUSA, T. L. Propriedades termodinâmicas da polpa de cajá (Spondias mombin L.). Research, Society and Development, v. 9, n. 6, p. 13, 2020.

[8] DE MAN J. C.; ROGOSA M. SHARPE M. E. A medium for the cultivation of lactobacilli. Journal of Applied Bacteriology, v.23, p.130-135, 1960.

[9] FAO - Food And Agriculture Organization Of The United Nations; World Health Organization (EDS.). Probiotics in food: health and nutritional properties and guidelines for evaluation. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations : World Health Organization, 2006.

[10] GONÇALVES, H.; FERREIRA, S. R.; COUTINHO FILHO, U. AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE CÉLULAS PROBIÓTICAS DE LACTOBACILLUS ACIDOPHILLUS EM PREPARAÇÕES DE FRUTAS. XIX Jornada em Engenharia Química, 2014.

[11] ISO 20128 | IDF 192: 2006: Milk products - Enumeration of presumptive Lactobacillus acidophilus on a selective medium - Colony-count technique at 37 °C. IDF Publications Catalogue, [s.d.]. Disponível em: <https://store.fil-idf.org/product/milk-products-enumeration-of-presumptive-lactobacillus-acidophilus-on-a-selective-medium-colony-count-technique-at-37-c/>. Acesso em: 27 nov. 2019

[12] KELLER, T.H.; SCHWAGER, H. Air pollution and ascorbic acid. Forest Pathology, v. 7, n. 6, p. 338–350, 1977.

[13] LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. In: Methods in Enzymology. Plant Cell Membranes. [s.l.] Academic Press, 1987. v. 148p. 350–382.

[14] MACHADO, V. D. O. Avaliação de parâmetros físico-químicos em polpas de frutas congeladas de cajá (Spondia smombin), Acerola (Malpighia emarginata) E Goiaba (Psidium guajava) produzidas artesanalmente no município de Magalhães de Almeida - MA. 2017, 51 p. Trabalho de Conclusão de Curso, Departamento de Licenciatura em Ciências Naturais com Habilitação em Química, Universidade Federal do Maranhão, São Bernardo, 2017.

[15] MELO, T. A.; RIBEIRO-ALVES, M. A.; LAVINAS, F. C.; De ALMEIDA RODRIGUES, I. Levantamento e caracterização dos produtos probióticos disponíveis no mercado varejista da região metropolitana do Rio de Janeiro. Revista Rede de Cuidados em Saúde, v. 10, n. 1, 2016.

[16] MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Analytical Chemistry, v. 31, n. 3, p. 426–428, 1959.

[17] MORESCO, K. S; SILVEIRA, A. K; SCHNORR, C. E; ZEIDAN-CHULIA, F.; BORTOLIN, R. C; BITTENCOURT, L. D. S.; MINGORI, M.; HEIMFARTH, L.; RABELO, T.K.; MORRONE, M. D. S.; CARINI, J.P.; GELAIN, D.P.; BASSANI, V. L.; MOREIRA, J. C. F. Supplementation with achyrocline satureioides inflorescence extracts to pregnant and breastfeeding rats induces tissuespecific changes in enzymatic activity and lower neonatal survival. Biomedicines, v. 5, n. 3, p. 53, 2017.

[18] SANTOS, E. F.; DE ARAÚJO, R. R.; DE LEMOS, E. E. P.; ENDRES, L. Quantificação de compostos bioativos em frutos de umbu (Spondias tuberosa Arr. Câm.) e cajá (Spondias mombin L.) nativos de Alagoas. Revista Ciência Agrícola, v. 16, n. 1, p. 21-29, 2018.

[19] SILVA, P. B.; ALMEIDA, F. D. A. C.; BARROSO, A. J. R.; SILVA, S. D. N.; DA, V. P. Avaliação da polpa de cajá in natura e liofilizada com diferentes percentuais de maltodextrina. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, 2018.

[20] SILVA, S. F. Avaliação de sistemas de embalagem na estabilidade do queijo Minas Frescal probiótico e na viabilidade da Bifidobacterium animalis subsp. Lactis. 2016, 106 p. Tese (doutorado em Tecnologia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

[21] SILVINO, R.; SILVA, G.; DOS SANTOS, O. V. Qualidade nutricional e parâmetros morfológicos do fruto cajá (Spondias Mombin L.). DESAFIOS-Revista Interdisciplinar Da Universidade Federal Do Tocantins, v. 4, n. 2, p. 03-11, 2017.

[22] SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, v. 16, n. 3, p. 144–158, 1965.

[23] SOARES, C. T. Secagem da polpa de pequi por liofilização. 2018, 96 p. Dissertação (mestrado), Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.

[24] SOUZA, H. R. S.; CARVALHO, M. G.; SANTOS, A. M.; FERREIRA, I. M.; OLIVEIRA, A. M. Compostos bioativos e estabilidade de geleia mista de umbu (spondias tuberosa arr. c.) e mangaba (hancornia speciosa g.). Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal, v. 12, n. 2, p. 236-248–248, 2018.

Capítulo 8

Identificação de pontos de controle e pontos críticos de controle no processamento do queijo mussarela

Naiara Menezes Bezerra
Uliana Karina Lopes de Medeiros

Resumo: A busca por uma alimentação mais segura é um desafio nos últimos tempos, com isso o controle de qualidade das indústrias são conduzidas a adotarem sistemas específicos de gerenciamento de qualidade e avaliação de perigos, em razão disso a ferramenta APPCC é capaz de garantir segurança ao alimento por permitir a identificação, controle e monitoramento dos perigos e riscos provenientes no processo de fabricação do produto, neste sentido, o objetivo desse artigo é identificar os pontos de controle e pontos críticos de controle no processamento do queijo mussarela. A metodologia utilizada para a avaliação e verificação foi a portaria nº46, de 10 de fevereiro de 1998 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), e o codex alimentarius com revisão em 2020. Na verificação foi detectado 4 pontos críticos de controle do processamento do queijo mussarela que foram: PCC1: Recepção leite cru/indústria, onde os pontos levantados foram a temperatura de armazenamento e transporte do leite e as análises de recebimento. O PCC2: Pasteurização do leite, com a finalidade de controle microbiológico, através do monitoramento do binômio tempo/temperatura. O PCC3: Recepção dos insumos, neste o foco é controle de qualidade do recebimento dos insumos e armazenamento dos mesmos, para evitar contaminação microbiológica do alimento. E o último foi o PCC4: Estocagem/Transporte, sendo essencial o controle da temperatura para a garantia do alimento seguro nessa última etapa. A verificação da produção acompanhando cada etapa do fluxuograma permitiu realizar uma investigação sistêmica de todo o processo de fabricação, verificando a presença e o controle de possíveis perigos com potencial prejudicial à saúde do consumidor final.

Palavra-chave: Controle de qualidade, segurança alimentar, queijo mussarela.

1. INTRODUÇÃO

O leite é uma fonte vital de nutrição, por ser um alimento completo que contém elevadas concentrações de macro e micronutrientes, sendo muito utilizado na alimentação humana, como fonte de cálcio, magnésio, selênio, riboflavinas, vitaminas B12, B5, e fonte de proteína de alta qualidade, além da sua importância econômica, pois auxilia os produtores como fonte de renda (SIQUEIRA, 2019). São produzidos 816 milhões de toneladas de leite anualmente no mundo (GDP, 2017). O leite é um dos produtos mais versáteis da agroindústria, pois além do seu consumo na forma original, ele também pode ser transformado em diversos tipos de produtos, entres esses encontra-se o queijo mussarela.

Queijo Mussarela se obtém por filagem de uma massa acidificada, (produto intermediário obtido por coagulação de leite por meio de coalho e/ou outras enzimas coagulantes apropriadas), complementada ou não pela ação de bactérias lácticas específicas. O mesmo é mundialmente famoso, com sabor suave, massa macia e umidade de no máximo 60%, é utilizado como lanches ou em pratos principais (BRASIL, 1997). Devido ao alto consumo, deve-se ter um enfoque na sua qualidade e sanidade para garantir um produto seguro.

Visto isso, o controle de qualidade deve assegurar que o leite e derivados sejam produzidos de animais saudáveis e o seu processamento na indústria garanta um alimento seguro para o consumidor sem riscos à saúde do mesmo, com isso, o atual cenário tem conduzido as indústrias alimentícias a adotarem sistemas específicos de gerenciamento da qualidade, com objetivo de monitoramento das características dos produtos, nos quais encontra-se as Boas Práticas de Fabricação (BPF), os Procedimentos Operacionais Padronizados (POP) e Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) (NASCIMENTO, 2019).

Em razão disto, é obrigatório a implantação do sistema APPCC nas indústrias de produtos de origem animal, segundo a Portaria nº 46, de 10 de fevereiro de 1998, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e a Portaria nº 1428, de 26 de novembro de 1993 do Ministério da Saúde (MS), e inspecionadas pelo Serviço de Inspeção Federal (SIF).

A ferramenta HACCP (Hazard Analisys and Critical Control Points), traduzida como APPCC, é um sistema de gestão da qualidade cujos princípios são aceitos e reconhecidos internacionalmente. A mesma tem como base a análise de perigos, associada aos fatores de risco específicos de um processo ou produto especificando os limites críticos para garantir que a operação está sob controle nos pontos críticos de controle (PCC), estabelecendo e implementando a monitorização do sistema, executando as ações corretivas quando os limites críticos forem atingidos, verificando o sistema e mantendo registrados (NASCIMENTO, 2019).

Diante deste cenário, O APPCC é capaz de garantir segurança ao alimento por permitir a identificação, controle e monitoramento dos perigos e riscos provenientes do processo de fabricação do alimento, neste sentindo, o objetivo desse artigo é a identificar os pontos de controle e pontos críticos de controle no processamento do queijo muçarela.

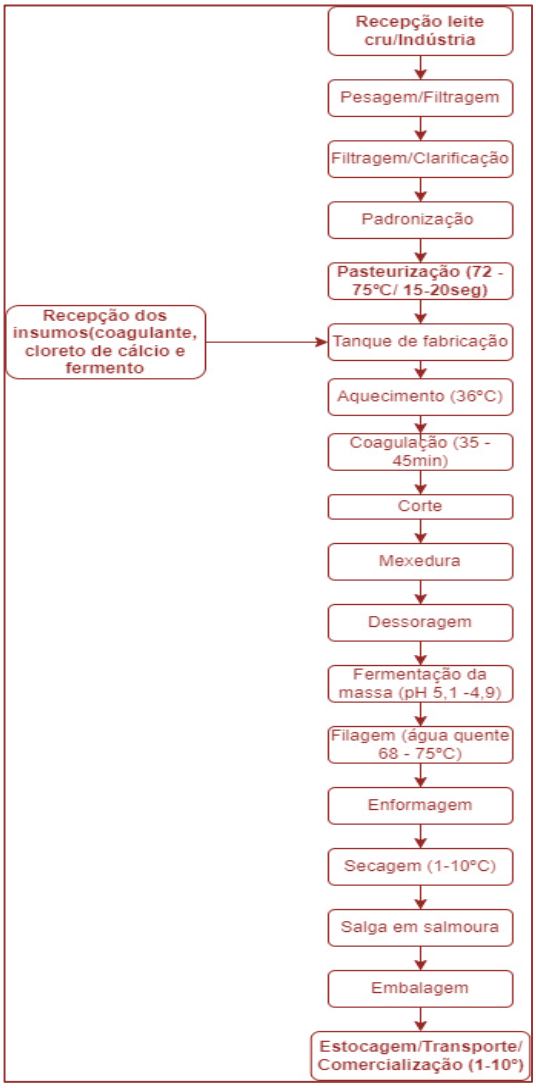
2. MATERIAL E MÉTODOS

A verificação foi desenvolvida em uma indústria de laticínio de médio porte localizada na região do alto sertão do Ceará. O acompanhamento dos dados foi realizado durante os meses de outubro a dezembro de 2021.

Para identificação dos pontos críticos de controle no laticínio foi verificado o fluxograma detalhado (figura 1) do processo de fabricação do queijo mussarela, desde da recepção da matéria-prima, processo de fabricação e armazenamento em refrigeração.

Após todas as verificações do fluxograma foram identificadas as medidas corretivas conforme a não-conformidades observadas no processamento do queijo mussarela, levando em consideração as determinações das Portaria nº 46, de 10 de fevereiro de 1998, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), e o codex alimentarius com revisão do ano 2020.

Figura 1 – Fluxograma de processamento do queijo muçarela



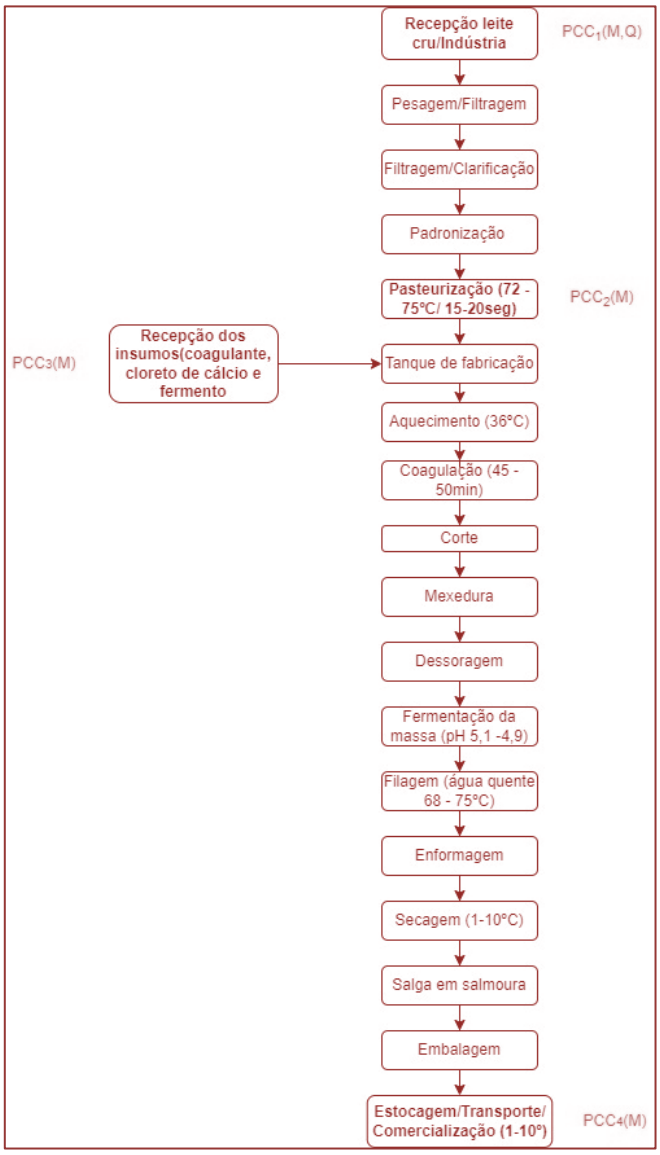
Fonte: Autoria própria (2022).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fluxograma (figura 2) abaixo apresenta o processamento do queijo mussarela em que são indicados os pontos críticos de controle (PCC) à segurança dos alimentos e os pontos de controle (PC). Esses pontos devem ser controlados durante o processamento, desde a matéria-prima até o consumo.

Os pontos críticos de controle são: recepção leite cru/indústria; pasteurização (72 – 75ºC/ 15 – 20 seg); recepção dos insumos (coagulante, cloreto de cálcio e fermento) e estocagem/transporte/comercialização (1-10º). E os pontos de controle são: pesagem/filtragem; filtragem/ clarificação; padronização; tanque de fabricação; aquecimento; coagulação; corte; mexedura; dessoragem; fermentação da massa (pH 5,1 – 4,9); filagem (água quente 68 – 75º); enformagem; secagem (1– 10º); salga em salmoura e embalagem.

Figura 2 – Fluxograma de processamento do queijo mussarela com os pontos críticos de controle (PCC)



PCC: ponto crítico de controle.

Fonte: Autoria própria (2022).

A identificação dos pontos críticos de controle, a adoção de técnicas sanitárias e de higiene de manejo e o investimento em novas tecnologias nas diversas etapas do processo produtivo podem contribuir significativamente para obtenção de leite que atenda aos parâmetros qualitativos estabelecidos pelas legislações vigentes (BELLI et al., 2017).

Ao iniciar o processamento do queijo mussarela, o primeiro PCC observado é a recepção de leite, pois é essencial para garantir a qualidade da matéria prima e eficiência, em razão de está relacionado com todas as etapas de recebimento do leite, desde da saúde do animal, ordenhas e chegada na indústria.

Neste PCC_1, a temperatura de chegada e armazenamento do leite são pontos importantíssimos, o leite deve obter temperatura máxima de 4ºC nos tanques de resfriamento de expansão e chegar na indústria com temperatura máxima de 7ºC, tais cuidados com a temperatura influência na diminuição da carga microbiológica indesejável, visto que a carga microbiana encontrada no leite é extremamente alta, sendo que a maioria é oriunda de falhas nos processos de higiene produção primária e outros estão naturalmente presentes no leite (ALTISSIMO; JUNKERFUERBOM, 2016).

Deste modo, as medidas corretivas são: o controle do leite por meio de análises e verificações de plataforma, como: teste de antibiótico, controle de temperatura dos caminhões de transporte, análise de

gordura, acidez, pH, teste de amido, densidade, teste de alizarol e, em seguida registrados em planilhas para ser apresentados aos órgãos fiscalizadores (EGEA; DANESI, 2014).

Outra medida corretiva é no armazenamento do leite cru, através da limpeza CIP (Clean in Place) que é uma limpeza em circuito fechado realizada nos silos e caminhões rodoviários como garantia de uma higienização eficiente. Como medida preventiva aplicou-se um programa de qualificação de fornecedores, em que são realizadas análises terceirizadas mensalmente para avaliar os parâmetros físico-químicos, microbiológicos e de células somáticas de cada tanque de refrigeração e com isso conseguir rastrear quais produtores encontram-se em não conformidades, também são ofertados aos produtores treinamento sobre: bem estar animal, boas práticas de ordenha, boas práticas de manipulação, higiene e sanitização do ambiente, qualidade do leite e análises de plataforma.

O segundo ponto crítico de controle (PCC_2) é o tratamento térmico de pasteurização que tem como medida preventiva o binômio tempo/temperatura do equipamento chamado pasteurizador (72 – 75ºC por 15/20 segundos) que executado corretamente possibilita a eliminação dos microrganismos patogênicos.

Deve ressaltar que o processo de pasteurização não substitui as práticas adequadas de higiene e sanitização para produção do queijo mussarela. O tratamento térmico é um grande aliado para a eliminação de patógenos, mas temperaturas acima do citado resultam em prejuízos, uma vez que a estrutura do coágulo se torna cada vez mais frágil com o aumento da temperatura, devido perda de cálcio solúvel e a desnaturação de proteínas do soro (ALTISSIMO; JUNKERFUERBOM, 2016).

Os dados da temperatura de pasteurização são registrados em planilhas auditáveis para controle interno da empresa e fiscalização do serviço de inspeção.

A pasteurização do leite é considerada um ponto crítico de controle, em razão da eliminação de microrganismos patogênicos através do binômio tempo/temperatura sem modificação drástica nos componentes físico-químicos do leite (ALTISSIMO; JUNKERFUERBOM, 2016).

As principais medidas de controle são: o cumprimento dos procedimentos de operação de monitoramento dos equipamentos de pasteurização, o cumprimento dos procedimentos de limpeza e sanitização, manutenção corretiva e preventiva.

Também são realizadas análises de fosfatase alcalina e peroxidase, que servem de avaliação para a eficiência do tratamento térmico realizado, sendo que estas enzimas determina a eficácia do processo de pasteurização.

A fosfatase alcalina sofre desnaturação quando o leite é submetido à temperatura de 71,1°C/15 segundos, ou seja, a presença desta enzima em uma amostra de leite pasteurizado constitui indicativo de que o leite não sofreu tratamento térmico adequado, já a peroxidase sofre desnaturação a 85°C, a partir dos resultados desta análise pode-se determinar que a pasteurização não ultrapassou a temperatura adequada para este processo, caso contrário poderia provocar perdas de constituintes e alterações sensoriais da matéria-prima (ALTISSIMO; JUNKERFUERBOM, 2016).

Através da observação do fluxograma do queijo mussarela, o PCC_3 identificado foi na etapa de adição dos ingredientes, onde o fator de impacto é o de origem biológica. Nesta etapa, foi intensificado o controle de qualidade das matérias-primas desde a recepção e processamento, pois a falta de controle interfere no rendimento do processo de fabricação.

Na compra dos coagulantes, cloreto de cálcio e fermento foi solicitado as empresas terceirizadas os laudos técnicos e de análises microbiológica dos produtos, os mesmos são registrados em planilhas com as informações de fabricação, validade, lote e através da observação visual o monitor do laticínio verifica se o produto está conforme para o recebimento. As ações corretivas estabelecidas foram: rejeição do lote de matéria-prima; ajuste da temperatura e/ou tempo do processo térmico; reprocessamento da matéria – prima; limpeza e sanitização adequadas.

A etapa de armazenamento do produto acabado também foi considerada o PPC_4, pois para que o produto mantenha suas características deve ser armazenado na temperatura limite de 10° C. Devido as portas da câmara-fria ficarem abertas com frequência, o ar quente entra provocando um aumento na temperatura e com isso podendo prejudicar o alimento devido a temperatura elevada, como medida preventiva foi solicitado ao setor de compras mais EPI's para o trânsito correto dos funcionários dentro de áreas frias e os mesmos foram instruídos para ao utilizar o ambiente fechar as portas.

A temperatura adequada, tanto no armazenamento como na distribuição, é um dos fatores que podem contribuir para a garantia da manutenção da qualidade e segurança dos alimentos (MONTEIRO et al., 2014).

As demais etapas como: pesagem/filtragem, filtragem/clarificação, padronização, aquecimento, coagulação, corte, mexedura, dessoragem, fermentação, filagem, enformagem, salga, secagem, maturação e embalagem foram considerados como apenas pontos de controle biológicos, pois representa risco microbiológico devido a possibilidade de recontaminação, e merecem atenção principalmente em relação a higiene dos colaboradores, equipamentos e utensílios. No quadro 1 estão todo resumo dos pontos críticos de controle e pontos de controle do processamento do queijo mussarela.

Quadro 1. Resumo dos pontos críticos de controle e pontos de controle da fabricação do queijo mussarela

Etapas	PC/ PCC	Perigos	Medidas preventivas	Limite crítico	Monitorização	Ação corretiva	Registro	Verificação
Recepção do leite cru/ indústria	PCC_1 (M,Q)	Presença de toxina estafilocócica e de microrganismos patogênicos	Assistência técnica ao produtor Manutenção sob refrigeração Controle de leite mamitoso Controle de acidez Controle de antibiótico Manutenção preventivas dos filtros	Acidez máxima 18º D Temperatura: ≤ 7ºC Antibiótico: Ausência (limite do método)	**O quê?** Antibiótico, acidez e temperatura **Como?** Kits para antibióticos, alizarol, termômetro **Quando?** Na recepção, por produtor **Quem?** Funcionário da plataforma	Rejeitar (antibiótico) ou aproveitar condicionalmente (temperatura e acidez)	Planilha de recepção de matéria-prima e planilha de controle	Supervisão Programa de coleta de amostra para análise Inspeção na produção primária Auditoria Calibração de instrumentos Controle de reagentes
Pesagem/ Filtração	PC	Fragmentos sólidos						
Pasteurização	PCC_2 (M)	Sobrevivência de microrganismos patogênicos	Adoção de binômio tempo/temperatura adequados Situação e funcionamento adequado da válvula de desvio de fluxo	Mínimo: 72º/15s Negativo para fosfatase	**O quê?** Tempo/Temperatura Fosfatase **Como?** Instrumentos de controle, teste para fosfatase **Quando?** A cada turno, temperatura e (fosfatase) **Quem?** Encarregado de pasteurização/laboratorista	Reprocessar Ajustar tempo/ temperatura	Mapas do pasteurizador Planilhas de testes	Programa de coleta de amostras para análises Supervisão e Auditoria Calibração de instrumentos e equipamentos Controle de reagentes

Quadro 1. Resumo dos pontos críticos de controle e pontos de controle da fabricação do queijo muçarela (Continuação)

Etapas	PC/ PCC	Perigos	Medidas preventivas	Limite crítico	Monitorização	Ação corretiva	Registro	Verificação
Recepção do coagulante, cloreto de cálcio	PCC_3 (M)	Presença de Salmonella e outros patógenos	Qualidade assegurada do fornecedor Certificado de ausência	Ausência em 25g	**O quê?** Certificado **Como?** Observação **Quando?** Cada lote adquirido **Quem?** Encarregado	Rejeitar	Planilha de recepção	Validação do certificado do fornecedor (Programa de coleta de amostra para análises) Supervisão Inspeção de fornecedor
Corte/Mexedura /Dessoragem/ Salga, condimentação e Enformagem	PC	Recontaminação por S. aureus e outros microrganismos patogênicos	Limpeza e sanificação dos tanques e liras Higiene pessoal Controle de portadores assintomáticos					
Fermentação da massa	PC	Recontaminação microbiana por patógenos	Higienização adequada Manuseio cuidadoso Temperatura de fermentação	Temperatura ≤ 42ºC pH 5,1 – 5,2	**O quê?** Temperatura da massa e pH	Corrigir temperatura de fermentação	Planilhas de produção	Supervisor de produção
Filagem da massa	PC	Recontaminação microbiana por patógenos		Temperatura da água de filagem: 78 – 80 ºC	Temperatura dá água de filagem	Corrigir temperatura de fermentação		Supervisor de produção
Salga	PC	Recontaminação microbiana por patógenos						
Secagem	PC	Recontaminação microbiana por patógenos	Higienização adequada dos operadores e das prateleiras					
Embalagem	PC	Recontaminação microbiana por patógenos	Higienização adequada dos operadores, máquinas de envase e ambiente Manutenção adequada das máquinas de envase					
Estocagem/ Transporte e comercialização	PCC_4 (M)	Multiplicação de patógenos e produção de toxina estafilocócica	Manutenção da temperatura de refrigeração do queijo durante o armazenamento e transporte	Máximo 10ºC	**O quê?** Temperatura **Como?** Instrumento de controle (termômetro) **Quando?** Durante armazenamento e transporte **Quem?** Encarregado do estoque/garantia de qualidade			

Fonte: Autoria própria (2022); PCC: ponto crítico de controle; e PC: ponto de controle

4. CONCLUSÃO

A verificação da produção do queijo mussarela acompanhando cada etapa do fluxuograma permitiu realizar uma investigação sistêmica de todo o processo de fabricação, verificando a presença e o controle de possíveis perigos com potencial prejudicial à saúde do consumidor final.

Foi possível definir quatro pontos críticos de controle para o processamento da mussarela, sendo o PCC_1: recebimento da matéria-prima, onde é possível averiguar a temperatura e análises de recebimento como acidez, antibiótico, alizarol e entre outros. O PCC_2: pasteurização do leite, para controle de perigos biológicos para a eliminação de microrganismos patogênicos. O PCC_3: o controle de qualidade dos insumos, para evitar contaminação microbiológica no produto. E por último o PCC_4: a estocagem/transporte, neste o foco é evitar oscilação nas temperaturas das câmaras frias, e com isso assegurar qualidade e segurança alimentar ao produto.

Conclui-se que a implantação do sistema APPCC como ferramenta do controle de qualidade e autocontrole na indústria de produtos lácteos é um dos pontos principais para minimizar os riscos nas linhas de processo e com isso diminuindo as não conformidades e ações corretivas, com uma linha de produção padronizada garantindo segurança e qualidade igualitária de toda a produção.

REFERÊNCIA

[1] ALTISSIMO, C.; JUNKERFUERBOM, F. D. Desenvolvimento do plano APPCC para linha de produção de queijo mussarela. 2016. 236f. Monografia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2016.

[2] BELLI, C. Z. P., CULLMANN, J. C., ZIECH, M. F., MENEZES, L. F. G., KUSS, F. Qualidade do leite cru refrigerado obtido emunidades produtivas no Sudoeste do Paraná. Revista de Ciências Agroveterinárias, v.16, n.2, p.109-120, 2017.

[3] BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria nº 1.428, de 26 de novembro de 1993. Aprovar Regulamento Técnico para Inspeção Sanitária de Alimentos COD - 100 a 001.0001. Diário Oficial da República do Brasil, Brasília, 1993.

[4] BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 364, de 04 de setembro de 1997. Aprovar o Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Queijo Mozzarela (Muzzarela ou Mussarela). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 1997.

[5] BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 46, de 10 de fevereiro de 1998. Instituir o Manual Genérico de Procedimentos para APPCC em Indústrias de Produtos de Origem Animal. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 1998.

[6] CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. Recommended international code of practice general principles of food hygiene: CAC/RCP 1-1969, Rev. 2020. 2020. 35 p.

[7] EGEA, M. B.; DANESI, E. D. G. Elaboração de APPCC no Processamento de Requeijão Cremoso. Revista Tecnológica, v. 22, n.1, p. 93-108, 2014. https://doi.org/10.4025/revtecnol.v22i1.13266.

[8] GDP – Global Dairy Platform. Annual Review 2016. Rosemont, IL, [2017]. Disponível em:< https://www.globaldairyplatform.com/>. Acesso em: 24 jan. 2022.

[9] MONTEIRO, M. A. M, RIBEIRO, R. C, FERNANDES, B. D. A, SOUZA, J. F. R, SANTO, L. M Controle das temperaturas de armazenamento e de distribuição de alimentos em restaurantes comerciais de uma instituição pública de ensino. Demetra: Alimentação, Nutrição & Sáude, v. 9, n. 1, p. 99 – 106, 2014.

[10] NASCIMENTO, K. P. Elaboração e Implementação do Plano de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) do Processo de Produção do Queijo Muçarela (Mussarela). 2019. 83f. Monografia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, 2019.

[11] SIQUEIRA, K. B. O mercado consumidor de leite e derivados. Minas Gerais: Embrapa, 2019.

Capítulo 9

Implantação de ferramentas de qualidade no setor de frutas, legumes e verduras minimamente processados em um supermercado varejista

Grazielle Louise Ribeiro de Oliveira
Pahlevi Augusto de Souza

Resumo: O Brasil passou a registrar um aumento no número de estabelecimentos comerciais na modalidade de autosserviço, os supermercados, desde meados do século XX, representando, de acordo com a Associação Brasileira de Supermercados, 7,5% do Produto Interno Bruto Nacional. A busca dos consumidores por um estilo de vida mais saudável tem sido crescente, visando os benefícios atrelados a uma dieta balanceada. Dessa forma, o setor de frutas, legumes e verduras minimamente processados tem se destacado entre os principais segmentos de crescimento no varejo alimentar. Assim, o estudo teve como objetivo diagnosticar e apresentar uma proposta de otimização no setor de frutas, legumes e verduras minimamente processados de um supermercado, utilizando ferramentas de qualidade. Foi realizado o mapeamento dos processos, através de visitas ao setor, e utilizados como ferramentas de qualidade o Diagrama Ishikawa, 5W2H e PDCA. Os resultados da implantação foram acompanhados durante 12 meses através do percentual de vendas do setor durante esse período. Foi observado que as ferramentas de qualidade foram essenciais para a avaliação do desempenho, e consequentemente, o ajuste dos processos para o aumento da produtividade, e a obtenção de um maior percentual de vendas e lucratividade.

Palavras-chave: varejo alimentar, saudabilidade, ferramentas de qualidade.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil passou a registrar um aumento no número de estabelecimentos comerciais na modalidade de autosserviço, os supermercados, desde meados do século XX (BEZERRA; AGNER, 2021). De acordo com a Associação Brasileira de Supermercados – ABRAS, esse setor continuou em crescimento, mesmo nos momentos de crise, em 2020, atingindo faturamento de R$ 554 bilhões, o que representou 7,5% do Produto Interno Bruto Nacional (PIB)(ABRAS, 2021). A presença dos supermercados no Brasil, faz parte da representação da disseminação de novas políticas alimentares, com impactos diretos no cotidiano de milhões de pessoas, tornando-os consolidados no comércio urbano (BEZERRA; AGNER, 2021).

Os índices de produtividade são considerados um dos fatores cruciais para uma empresa se tornar mais eficiente, sendo um condicionante para o aumento desse índice, e tornando essencial a compreensão dos processos envolvidos em cada setor (JACOMOSSI; FELDMANN, 2020). Assim, a modelagem dos processos deve ser realizada buscando definir as melhores ferramentas, estratégias e metodologia que se adequem ao setor (CRIVELLARO; VITORIANO, 2022). Dessa forma, a utilização de ferramentas de qualidade surge com o objetivo de mensurar, definir, analisar e propor soluções para o desenvolvimento pleno dos processos, acompanhando-os e adequando-os para a obtenção de resultados superiores, permitindo a compreensão de dificuldades e lacunas, proporcionando maior visibilidade sobre o aperfeiçoamento dos processos (CRIVELLARO; VITORIANO, 2022; LOZADA, 2017).

A busca dos consumidores por um estilo de vida mais saudável tem sido crescente, visando os benefícios atrelados a uma dieta balanceada. Devido ao cotidiano de muitas pessoas, com a falta de tempo para se dedicar ao preparo das refeições, a preferência e procura por alimentos práticos para o consumo tem aumentado (NASCIMENTO *et al.*, 2014). As frutas, legumes e verduras minimamente processados são definidos como qualquer fruta ou vegetal que tenham sidos submetidos a modificações físicas através de processos como lavagem, sanitização, fatiamento, corte, amassamento e descascamento, para obtenção de um produto comestível, posteriormente embalado, e armazenado sob refrigeração (ALZAMORA *et al.*, 2016; FARDET, 2018). Sendo esse um dos principais segmentos de crescimento no setor de varejo alimentar (ALZAMORA *et al.*, 2016).

Assim, considerando os pontos citados, o estudo teve como objetivo diagnosticar e apresentar uma proposta de otimização no setor de frutas, legumes e verduras minimamente processados de um supermercado, utilizando ferramentas de qualidade. A fim de otimizar processo produtivo, e estimular o aumento das vendas no setor.

2. METODOLOGIA

2.1. VISITAÇÃO E COLETA DE INFORMAÇÕES

O estudo foi realizado em uma loja localizada na zona sul da capital do Rio Grande do Norte. Inicialmente, foi realizada uma visita de diagnóstico no local para coleta de informações, através da observação dos processos executados e conversa com os funcionários. Com base na observação dos processos executados no setor, foram construídos fluxogramas detalhando entradas e saídas de cada processo, sendo avaliados para a escolha das ferramentas de qualidade a serem implementadas. Posteriormente, foi dado início ao processo de implantação das ferramentas, e acompanhamento, realizado durante 12 meses, com visitas mensais, no período de junho de 2021 a junho de 2022. As visitas ocorreram em horário comercial, proporcionando a análise do setor em pleno funcionamento.

2.2 IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS PROBLEMAS

Com base nos fluxogramas obtidos, foi possível analisar a produção dos minimamente processados, observando e mapeando cada etapa. O mapeamento de processos é uma ferramenta primordial para a execução da gestão por processos, cooperando com a agilidade, flexibilidade e capacidade de resposta (BARROS DE ALBUQUERQUE; PEIXOTO; RITA, 2019).

Em seguida, foi construído um diagrama de causa-efeito para esquematizar as possíveis causas que levam a redução da produtividade dos colaboradores e, consequentemente, das vendas. Também conhecido como "Diagrama Ishikawa", "Diagrama Espinha-de-peixe" ou "Diagrama 6M", essa é uma ferramenta gráfica utilizada pela administração para o gerenciamento e o controle da qualidade em diversos processos, visando analisar, identificar, explorar e ressaltar todas as causas possíveis de um problema ou questão específica. Para sua construção, primeiro é realizada a identificação do problema a ser avaliado, e em sequência, as possíveis causas que podem ocasionar o problema (SILVA; SOUZA JUNIOR, 2022).

Posteriormente, foi utilizada a ferramenta 5W2H (*What, Why, Who, Where, When, How and How Much*), que é composta pelas perguntas em inglês que significam: "O que?", "Por que?", "Quem?", "Onde?", "Quando?", "Como?" e "Quanto?". A sua utilização permite que o processo executado possa ser dividido em etapas estruturadas, objetivando identificar falhas que prejudicam o final adequado do processo, e quando vinculadas a outras ferramentas, propões o conhecimento necessário para a identificação do problema e apontamento do alvo, como problema principal, para solução, utilizada também como plano de ação (SILVA; SOUZA JUNIOR, 2022).

Também foi utilizada a ferramenta PDCA, que traduzida para o português, significa planejar, executar, verificar e agir. Esse método possibilita conduzir de maneira sistêmica o encontro da solução do problema na gestão de qualidade em cooperação com outros tipos de ferramentas, possibilitando a diminuição dos custos, melhorando assim o seu processo produtivo (FERREIRA; MAGALHÃES, 2021).

Em síntese, os pontos chave que reduziam o percentual de vendas e produtividade foram identificados e avaliados, e em seguida, foram propostas melhorias por meio de um plano de ação das não conformidades.

2.3 ANÁLISE DE DADOS

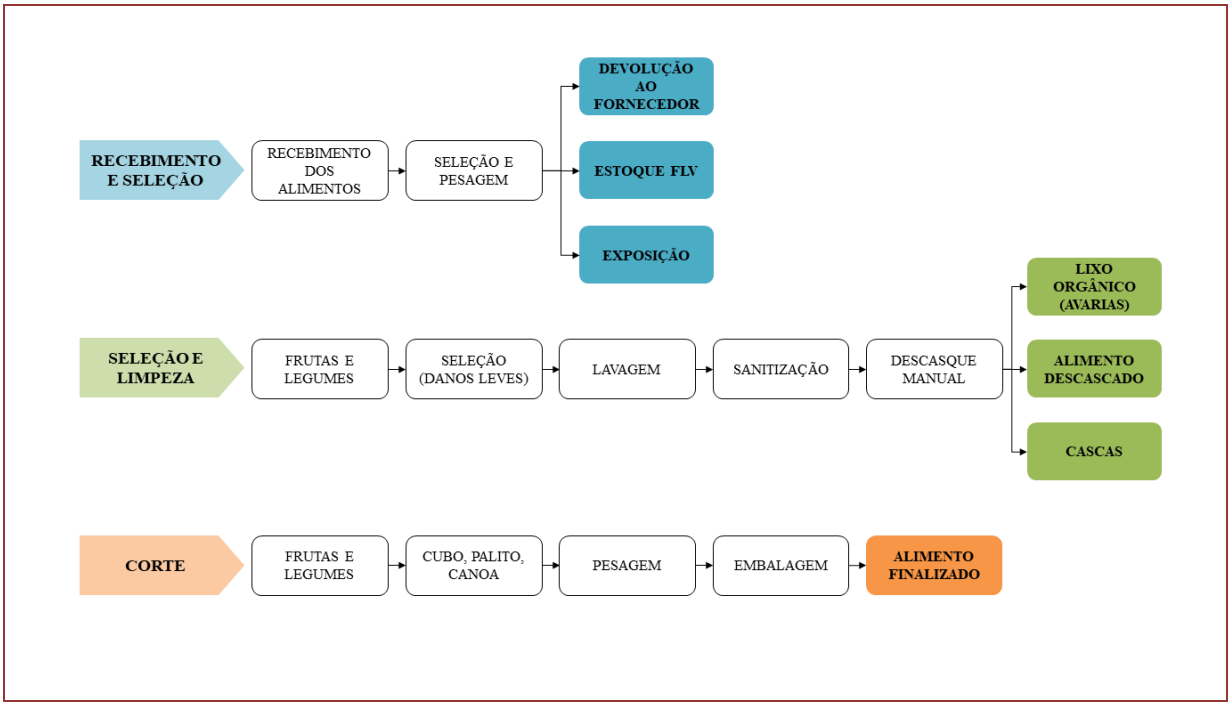
Os dados obtidos foram analisados e tabulados utilizando o programa *Microsoft Office Excel* 365. Os resultados foram apresentados em escala de percentuais, avaliando a porcentagem de crescimento de vendas durante o período.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 COLETA DE DADOS E DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS

Inicialmente, o estudo analisou os processos realizados no setor de frutas, legumes e verduras minimamente processados do supermercado. As visitas realizadas possibilitaram a construção do mapeamento dos processos através de fluxogramas que ilustraram os principais processos realizados: recebimento e seleção, limpeza e corte. Como mostrado na Figura 1, abaixo, podemos observar os fluxogramas de entradas e saídas de cada um dos processos.

Figura 1. Fluxograma de entrada e saídas dos processos de recebimento e seleção, seleção e limpeza e corte

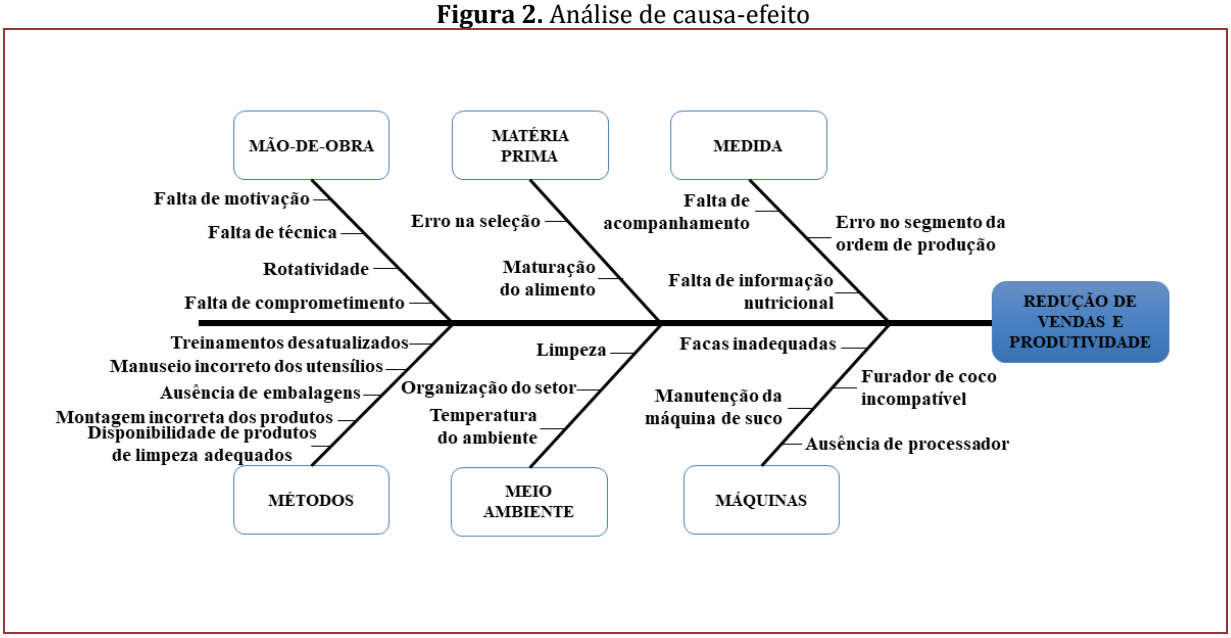


3.2 IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS DESPERDÍCIOS

Como fase seguinte do estudo, visando facilitar as análises e identificar os vieses nos processos realizados e sua consequência nos indicadores de venda do setor, foi utilizada a ferramenta de diagrama de causa-efeito, ilustrado na Figura 2.

O diagrama, também conhecido como Ishikawa, possibilitou a identificação, classificação e exposição das possíveis e prováveis causas da redução de vendas e produtividade (GAIGHER; FERONI, 2021). A ferramenta, dividida em cinco categorias: mão de obra, matéria prima, medida, métodos, meio ambiente e máquinas, revelou as potenciais causas raiz dos problemas. Isso proporcionou uma análise das causas que impactam de forma mais expressiva os processos, possibilitando a definição de um plano de ação para obter maior eficácia.

Figura 2. Análise de causa-efeito



Com base no diagrama acima, identificadas as causas fundamentais, foram discutidas ações para montagem do passo seguinte da metodologia, o plano de ação.

3.3 PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS

Após identificar os processos e os pontos que necessitam de ajustes, foram propostas ações a serem desenvolvidas a fim de aumentar a produtividade e, consequentemente, vendas do setor. Inicialmente foi elaborado, utilizando a ferramenta 5W2H, um plano de ação, como mostrado no Quadro 1, para mapear as atividades com maior clareza, buscando responder e organizar os pontos a serem ajustados.

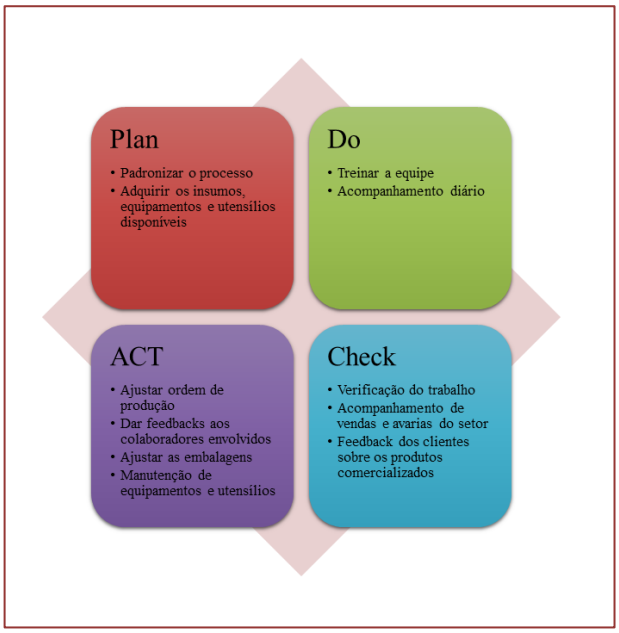
Com base no plano de ação, foram observados que os principais pontos a serem ajustados no processo eram: a falta de motivação e comprometimento, seleção inadequada, falta de equipamentos e utensílios, falta de acompanhamento da ordem de produção e falta de embalagens apropriadas. Esses problemas, em sua maioria, tinham custo baixo ou médio, e puderam ser identificadas e implementadas após a análise detalhada dos processos, mostrando a importância do mapeamento e detalhamento dos processos realizados no setor. É válido destacar que outro ponto crucial dessa metodologia é a viabilização da ação concreta no gerenciamento, delegando responsabilidade aos envolvidos no plano de ação (FERREIRA; MAGALHÃES, 2021).

Quadro 1. Plano de ação

O que?	Quem?	Onde?	Quando?	Por quê?	Como?	Quanto?
Falta de motivação e comprometimento	Nutricionista	Setor	Diariamente	Mostrar a importância da excelência no processo	Treinamento contínuo da equipe e acompanhamento	Custo baixo
Seleção inadequada	Gerenciador do setor	Armazenamento e exposição do FLV	Diariamente	Evitar produtos inadequados e diminuir as avarias do setor	Selecionar produtos com danos leves e com grau de maturidade adequado	Custo médio
Falta de equipamentos e utensílios	Gerenciador do setor e gerente de loja	Setor	Trimestralmente	Otimizar a produção e evitar perdas desnecessárias	Acompanhar rendimento dos equipamentos e utensílios e fazer substituição sempre que necessário	Custo médio
Falta de acompanhamento da ordem de produção	Colaborador	Setor de processados	Diariamente	Produção otimizada e enxuta evita perdas	Orientar colaborador quanto ao uso da ordem de produção e acompanhar diariamente	Custo baixo
Embalagem apropriada	Equipe de uso e consumo	Administrativo	Semanalmente	Ter as embalagens apropriadas para o tipo de produto comercializado	Evitar rejeição por parte do cliente e perda de conservação por falha na embalagem	Custo médio

Em conjunto, também foi utilizada a ferramenta PDCA, ilustrado na Figura 3, este possibilitou a continuidade da execução das ações implementadas, utilizando a ferramenta 5W2H, ao longo dos 12 meses. Permitindo também o acompanhamento durante a execução, visando corrigir e alinhar os processos de acordo com o planejado. O PDCA consiste primeiramente na etapa de definição de um plano, sendo seguida da sua implementação, verificação do resultado, e ações corretivas, que são geradas conforme a necessidade (FERREIRA; MAGALHÃES, 2021). Ainda de acordo com Ferreira e Magalhães (2021), essa ferramenta está diretamente ligada ao conceito de melhoria contínua, sendo usadas como um ciclo dinâmico.

Figura 3. PDCA

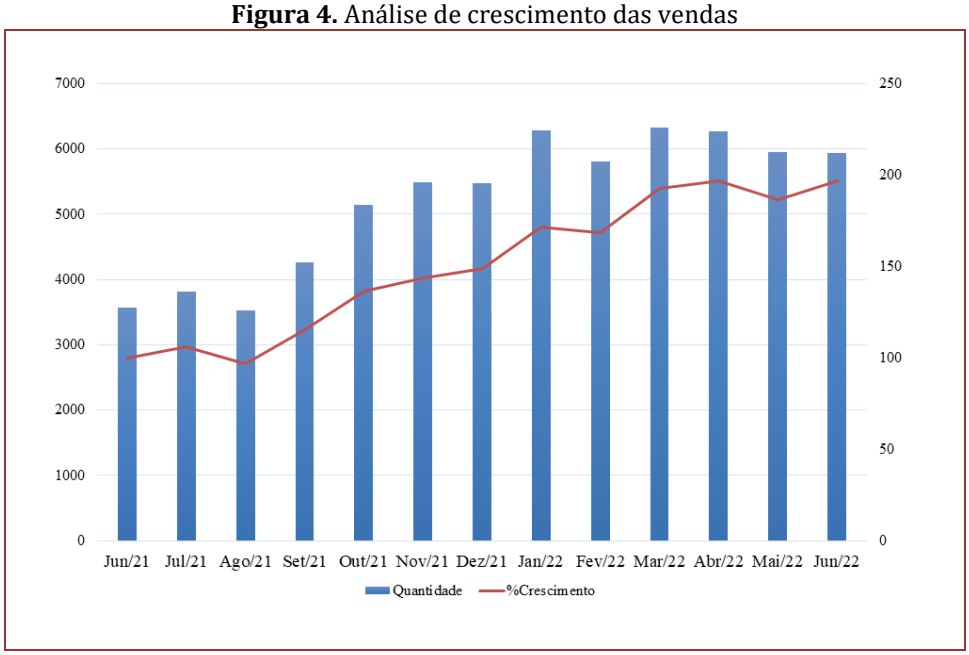


3.4 ACOMPANHAMENTO E ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Os processos foram acompanhados durante o período de 12 meses, possibilitando analisar e ajustar cada etapa a fim de obter bons resultados de forma constante. A figura 4, abaixo, traz os resultados referentes a quantidade de vendas e percentual de crescimento, que demonstra os resultados frutos das ações implementadas através das ferramentas de qualidade.

Como observado abaixo, após os doze meses de implementação das ferramentas de qualidade, foi alcançado um crescimento de vendas final de quase 200%. É válido ressaltar também, que esse crescimento foi expressivo desde o primeiro mês da implementação dessas ferramentas, se mantendo crescente durante maior parte do período. Esse resultado constata a eficácia e importância da implantação das ferramentas de qualidade, que proporcionou crescimento a curto prazo, que se manteve em constante ascensão.

Figura 4. Análise de crescimento das vendas



De forma semelhante, Azevedo e Constant (2020), objetivaram apresentar uma proposta de otimização para uma processadora de frutas, legumes e verduras, visando identificar as possíveis causas de desperdícios no processo, e minimizá-los, reduzindo custos e aumentando a produção. Foram utilizados fluxogramas dos processos, assim como diagrama de causa e efeito, seguido dos planos de ação, PDCA, e ferramentas *Lean Manufacturing.* O estudo relatou que a aplicação dessas ferramentas tem um aspecto positivo quando aplicadas de forma correta, eliminando desperdícios, auxiliando na tomada de decisões e no controle dos processos, visando a qualidade.

É importante destacar que no presente estudo, foi possível, além da implantação das ferramentas, o acompanhamento e análise dos resultados obtidos a longo prazo com sua utilização, sendo essencial para ajustar os processos e analisar de forma mais precisa os impactos da sua aplicação.

4. CONCLUSÕES

O estudo propôs diagnosticar e apresentar estratégias de otimização do processo produtivo no setor de frutas, legumes e verduras minimamente processados de um supermercado, visando potencializar e estimular o crescimento das vendas no setor. O trabalho possibilitou identificar gargalos que reduziam o desempenho do setor de frutas, legumes e verduras minimamente processados de um supermercado, permitindo a implantação de medidas que foram eficazes no aumento da produtividade e crescimento das vendas. As ferramentas de qualidade foram essenciais para a avaliação do desempenho, e consequentemente, o ajuste dos processos para o aumento da produtividade, e a obtenção de um maior percentual de vendas e lucratividade.

REFERÊNCIAS

[1] ABRAS. Ranking ABRAS 2021. [S. l.], 2021. Disponível em: https://www.abras.com.br/economia-e-pesquisa/ranking-abras/dados-gerais. Acesso em: 16 fev. 2022.

[2] ALZAMORA, S. M. et al. Minimally Processed Foods. Encyclopedia of Food and Health, [s. l.], p. 767–771, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00470-0

[3] AZAVEDO, Rafaela de Jesus; CONSTANT, Renata dos Santos. APLICAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING NA REDUÇÃO DO DESPERDÍCIO EM UMA PROCESSADORA DE FRUTAS, LEGUMES E VERDURAS. Revista de Ciência, Tecnologia e Inovação, [s. l.], v. 4, n. 6, p. 1–14, 2020. Disponível em: https://www.unifeso.edu.br/revista/index.php/revistacienciatecnologiainovacao/article/view/1559. Acesso em: 22 ago. 2022.

[4] BARROS DE ALBUQUERQUE, Anna Cynthia; PEIXOTO, Luciana; RITA, Santa. Gestão por processos em organizações públicas: mapeamento dos processos administrativos do Departamento de Registro e Controle Acadêmico da UFAL. Ciência da Informação em Revista, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 120–139, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.28998/CIREV.2019V6N2H. Acesso em: 18 ago. 2022.

[5] BEZERRA, Juscelino Eudâmidas; AGNER, Marcelo Ramalho. A Dinâmica Geográfica do Setor Supermercadista em Brasília (DF). Sociedade & Natureza, [s. l.], v. 33, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.14393/SN-V33-2021-59769. Acesso em: 8 ago. 2022.

[6] CRIVELLARO, Fernanda Furio; VITORIANO, Marcia Cristina de Carvalho Pazin. Mapeamento de Processos como ferramenta para Gestão de Documentos. Em Questão, [s. l.], v. 28, n. 1, p. 90–127, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.19132/1808-5245281.90-127. Acesso em: 16 abr. 2022.

[7] FARDET, Anthony. Characterization of the Degree of Food Processing in Relation With Its Health Potential and Effects. Advances in Food and Nutrition Research, [s. l.], v. 85, p. 79–129, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/BS.AFNR.2018.02.002

[8] FERREIRA, Francisco do Espirito Santo Rodrigiues; MAGALHÃES, Edilson Marques. Utilização do ciclo PDCA para melhoria de qualidade e aumento de produtividade em uma multinacional do polo industrial de Manaus. Research, Society and Development, [s. l.], v. 10, n. 13, p. e524101321609, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.33448/RSD-V10I13.21609

[9] GAIGHER, Hitalo Antunes; FERONI, Rita de Cassia. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE ANÁLISE E RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS (MASP) EM UMA INDÚSTRIA MONTADORA AUTOMOTIVA. Brazilian Journal of Production Engineering - BJPE, [s. l.], v. 7, n. 5, p. 183–193, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.47456/bjpe.v7i5.37036. Acesso em: 22 ago. 2022.

[10] JACOMOSSI, Rafael Ricardo; FELDMANN, Paulo Roberto. Boas Práticas de Gestão e Capacidade Absortiva: Impactos na Produtividade das Firmas. Revista de Administração Contemporânea, [s. l.], v. 24, n. 5, p. 432–447, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1982-7849rac2020190140. Acesso em: 18 abr. 2022.

[11] LOZADA, Gisele. Controle estatístico de processos. SAGAHed. Porto Alegre: [s. n.], 2017.

[12] NASCIMENTO, Kamila de Oliveira do et al. Alimentos minimamente processados: uma tendência de mercado. Acta Tecnológica, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 48–61, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.35818/acta.v9i1.195. Acesso em: 18 ago. 2022.

[13] SILVA, Catala Racile Ruela; SOUZA JUNIOR, Wilson Rodrigues de. ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE PARA ANÁLISE DE CAUSA RAIZ DA BAIXA PERFORMANCE DE ATENDIMENTO EM UMA EMPRESA DE TELECOMUNICAÇÕES. Brazilian Journal of Production Engineering - BJPE, [s. l.], p. 145–162, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.47456/BJPE.V8I2.37228.

Capítulo 10

Revisão da literatura e desenvolvimento de oleogéis à base de azeite de oliva estruturados por monoestearato de sorbitana

Érica Almeida de Vasconcellos
Inayara Ribeiro da Silva
Victoria Alvarez Matheus
Vitoria Ribeiro de Oliveira
Candice Soares Dias
Valéria Terra Crexi

Resumo: A indústria de alimentos tem pesquisado e desenvolvido tecnologias para formular e obter produtos que sejam capazes de combinar propriedades nutricionais desejadas com características sensoriais agradáveis, além de apresentar competitividade comercial. Nesse contexto, a tecnologia de oleogéis desponta como uma alternativa para obtenção de bases lipídicas com funções tecnológicas adequadas a diferentes aplicações industriais. Os oleogéis são misturas que apresentam características de gel, compostas por agentes estruturantes e uma fase imobilizada, formando uma rede termorreversível autossustentada, onde a fase imobilizada é um composto orgânico, o que o difere de outros géis formados basicamente por compostos hidrossolúveis O objetivo do presente trabalho foi de realizar uma revisão literária sobre oleogéis e suas aplicações em alimentos e desenvolver e caracterizar oleogéis à base de azeite de oliva estruturados por monoestearato de sorbitana (SMS). A plataforma utilizada para revisão da literatura foi o google acadêmico, pesquisando como palavras-chave "oleogel". Os oleogéis foram produzidos com diferentes concentrações de SMS (10, 15 e 20%) e caracterizados em relação a estabilidade e microestrutura. Os oleogéis obtidos a partir do azeite de oliva contendo 20% de agente estruturante (SMS) produzidos às temperaturas de 10 e 25ºC comportaram-se como os melhores sistemas dentre dos demais avaliados.

Palavras-chave: Agente estruturante, estabilidade, Gordura Saturada e trans, microestrutura.

1. INTRODUÇÃO

Os lipídios desempenham um papel fundamental em diversos alimentos industrializados, uma vez que conferem consistência, textura, estabilidade e maior palatabilidade a esses produtos. Contudo, os lipídios comumente utilizados em alimentos são provenientes de processos convencionais de modificação lipídica, que geralmente produzem altos teores de ácidos graxos trans e saturados nos alimentos, os quais são nocivos ao organismo humano (BARBOSA, 2018; FENEMMA et al., 2010).

O interesse no efeito nutricional dos alimentos tem crescido, consumidores e autoridades reguladoras estão aumentando sua demanda por ingredientes naturais e saudáveis, visando a substituição completa de materiais sintéticos por materiais de base biológica e de qualidade alimentar reconhecidos como seguros (Generally Recognised as safe – GRAS). A indústria tem investido cada vez mais na busca por opções viáveis tecnológica e economicamente, que permitam a obtenção de gorduras com características compatíveis com a aplicação em alimentos, contudo, que atendam à demanda de matrizes lipídicas zero trans e com redução significativa dos teores de ácidos graxos aturados (BARBOSA, 2018; CERQUEIRA et al., 2017).

Organogéis são sistemas coloidais, onde uma fase orgânica líquida é imobilizada por uma rede sólida tridimensional formada por agentes estruturantes. Quando a fase orgânica corresponde a um óleo, este sistema é chamado de oleogel (MARTINS et al., 2019). Uma das principais características que tornam os organogéis interessantes é o seu potencial para melhoraras características físicas de um produto para uso industrial, sem incrementar seu teor de ácidos graxos trans ou saturados, mantendo suas características reológicas (ROGERS et al., 2009).

Nesse contexto, a tecnologia de oleogéis desponta como uma ótima alternativa para obtenção de bases lipídicas com funções tecnológicas adequadas a diferentes aplicações industriais (MARTINS et al., 2019; CERQUEIRA et al., 2017).

Os oleogéis possuem a capacidade de controlar a separação de fases e diminuir a mobilidade e a migração da fase oleosa, fornecendo propriedades semelhantes a sólidos sem o uso de altos níveis de ácidos graxos saturados, além de poderem ser portadores de compostos bioativos, devido a essa funcionalidade os oleogéis representam uma nova classe de lipídios que podem ser utilizados como substitutos de gorduras sólidas. Além disso, os oleogéis apresentam como vantagem a preservação das características nutricionais do óleo, em especial a dos ácidos graxos insaturados e das suas posições no glicerol, o que os torna potencialmente mais adequados nutricionalmente que as opções usadas atualmente (LIU et al. 2020; BARBOSA, 2018; CERQUEIRA et al., 2017; MERT e DERMIRKESEN 2016; DOAN et al. 2015).

Considerando o uso dos oleogéis para fins alimentícios, a seleção de um agente estruturante para o desenvolvimento de produtos alimentícios deve ser criteriosa, considerando ingredientes previamente aprovados pelas agências reguladoras e que apresentem capacidade como estruturante. O monoesterato de sorbitana (SMS) é um agente estruturante capaz de formar dispersões viscosas em óleos, cuja viscosidade aumenta com o aumento de sua concentração, até que haja a formação de gel (SANSÓN, 2019). As ceras vegetais trazem como benefício de os produtos serem aprovados pelo FDA, além de possuírem características tecnológicas favoráveis e por serem produtos de fácil obtenção e baixo custo quando comparados com outros agentes estruturantes (ROCHA, 2017).

O presente capítulo tem por objetivo apresentar uma revisão da literatura sobre o uso e caracterização de oleogéis em alimentos e um estudo de caso do desenvolvimento e caracterização de oleogéis à base de azeite de oliva estruturados por monoestearato de sorbitana(SMS).

2. OLEOGÉIS E SUAS APLICAÇÕES EM ALIMENTOS

Oleogéis

Os oleogéis são materiais, viscoelásticos sólidos ou semissólidos elaborados por estruturantes e uma fase líquida apolar. São compostos, em que um período é oleoso e inativo por uma rede supramolecular tridimensional auto-sustentada do agente estruturante. Em virtude disso, uma das especialidades essenciais dos oleogéis é a construção de uma rede de lipídios, pelo processo de associação de materiais construtores de gel, por meio da auto-montagem ou da cristalização. Existem recorrentes variações na matéria prima e no método de produção, assim como das interações entre dois agentes presentes, e na temperatura para solubilização doestruturante (SOUZA et al., 2016; ROCHA, 2017).

Nos oleogéis, os agentes estruturantes em pequenas concentrações (<10%) podem preservar e capturar mais de 90% do óleo líquido, por meio da elaboração de redes supramolecular tridimensionais, produzindo um oleogel com propriedades de um material semissólido. Pesquisas atuais apresentam a influência do tipo de óleo no processo de formação da rede tridimensional de agentes estruturantes e afirmam que a dimensão da cadeia, a polaridade e a viscosidade do óleo são capazes de interferir na amplitude da estrutura do oleogel(DI FABIO, 2020; ZUIN, 2017; LIM et al., 2017; DOAN et al., 2015; JANG et al., 2015).

Método de produção

Os oleogéis são materiais formados pela dissolução, utilizando agitação e temperatura, de diversos tipos de agentes estruturantes em uma fase líquida oleosa. Esses materiais podem ser produzidos por meio do método de aquecimento/resfriamento. A base lipídica é aquecida e na sequência o agente estruturante é adicionado lentamente. Essa mistura é mantida sob agitação constante e aquecimento até completa homogeneização do agente estruturante. Na sequência, a solução (base lipídica: agente estruturante) é resfriada (cristalização estática) para formação do oleogel (DI FABIO, 2020; SANSÓN, 2019; BARBOSA, 2018; ZUIN, 2017; CHAVES, 2014 e 2019; MARANGONI e GARTI, 2011, ROGERS et al., 2009).

Os fatores que podem afetar a estabilização dos géis e sua estrutura são a composição do óleo líquido, a concentração do estruturante, a temperatura para solubilização dos estruturantes ou de estabilização, a presença de surfactantes, a adição simultânea de diferentes estruturantes, o método de incorporação e a interação com outros componentes (MARANGONIe GARTI, 2011).

Agentes estruturantes

Os estruturantes formadores de oleogéis caracterizam-se como materiais lipídicos capazes de aprisionar grande quantidade de óleo líquido. Assim, a escolha desses agentes estruturantes para o desenvolvimento de produtos alimentícios deve ser rigorosa e deve levar em consideração as possíveis aplicações deste material estruturado. Agentes estruturantes altamente efetivos, quando usados em baixas concentrações, podem substituir a elevada quantidade de matérias-primas lipídicas contendo gorduras *trans* ou saturadas. A capacidade de formar gel do agente estruturante está relacionada com o balanço entre sua afinidade e insolubilidade no óleo (SANSÓN, 2019; HWANG et al., 2013).

Os oleogéis podem ser construídos por variados tipos de agentes estruturantes como poliméricos de baixo peso molecular, ácidos graxos hidroxilados, ácidos graxos, álcoois graxos, misturas de ácidos e álcoois graxos, misturas de fitoesteróis-orizanóis, monostearato de sorbitana, ceras e misturas de lecitina e triestearato de sorbitana. Todavia, os fundamentais compostos aptos de gerar oleogéis, advém de cadeias carbônicas muito longas, como por exemplo, os ácidos graxos de cadeia longa, álcoois graxos, ésteres de cera e alcanos, conceituados de baixo peso molecular menor do que 3000Da. (ROCHA, 2017; CHAVES, 2014; ROGERS, 2009).

Os agentes estruturantes podem ser associados em dois conjuntos determinado pelo seu processo de estruturação: a) constituintes de sistemas de autossustentação (self-assembly) e b) sistemas de partículas cristalinas.

1)Sistema de auto-montagem ou autossustenção (self-assembly): nesse sistema os oleogéis são constituídos por auto-organização molecular de seus elementos nas fases de óleos vegetais líquidos ou semissólidos, formando redes contínuas, micelas ou redes fibrilares a partir de agregados de micelas, desenvolvendo estruturas de bicamadas inversas na forma de bastonetes, caracterizando os oleogéis.

2)Partículas cristalinas: os cristais crescem e interagem entre si através de forças não covalentes formando uma rede tridimensional contínua e que, após a conclusão da cristalização,os cristais se agregam produzindo aglomerados cada vez maiores a partir de ligações fracas, e dão origem às características macroscópicas finais.

No sistema de automontagem (self-assembly) são utilizados elementos como, o monoestearato de sorbitana, as ceramidas, monoacilgliceróis e os fitoesteróis, por conseguinte,nas partículas cristalinas são usados, os ácidos graxos, álcoois graxos, as ceras e TAGs de alto ponto de fusão (BARBOSA, 2018; ZUIN, 2017; CHAVES, 2014).

Oleogéis em alimentos

Oleogéis possuem a estimulante peculiaridade de conceder propriedades a um produto alimentício, pois podem ser adaptados usando bases lipídicas e agentes estruturantes específicos, atribuídos ao serem selecionados para produzir ácidos graxos direcionados, a reduzir níveis mais elevados de colesterol com moléculas de ligação concorrentes (por exemplo,fitoesteróis), reduzir o teor de gordura saturada, diminuir o apetite (por exemplo, modelar a forma dos alimentos) ou carregar compostos bioativos exclusivos para serem absorvidos no trato digestivo. Tais compostos podem desenvolver características semelhantes à gordura convencional, como textura e consistência. O agente estruturante é o material mais estudado para produzir oleogéis de qualidade alimentar, visto que os esses são reconhecidos como a "gordura do futuro" (MARTINS et al., 2019; BARBOSA, 2018; ZUIN, 2017; ROGERS et al.,2009).

O quadro 1 apresenta um resumo de oleogéis em alimentos, detalhando o produto, a base lipídica, agente estruturante e os autores das pesquisas.

Quadro 1. Oleogéis em alimentos

Produto	Óleo	Agente estruturante	Referência
Sorvete	Óleo de girassol	Cera de farelo de arroz	Zulim Botegaet al. 2013
Cream cheese	Óleo de soja	Etilcelulose e cera de farelo de arroz	Bemer et al., 2016
Massa de biscoito	Óleo de canola	Cera de candelilla	Mert e Demirkesen 2016
Margarinas	Óleo de avelã	Cera abelha e monoglicerídeos	Ogutcu e Yilmaz 2014
Cookies	Óleo de canola	Cera de candelilla	Jang et al. 2015
Salsichas	Óleo de canola	Etilcelulose	Zetzl, Marangoni e Barbut 2012
Embutido cárneo	Azeite de oliva	Proteico de soja	Utrilla et al. 2014
Pasta de chocolate	Óleo de girassol	Goma-laca	Patel et al. 2014
Margarinas	Óleo de soja	Candelilla, girassol e farelo de arroz	Hwang et al. 2013
Margarinas	Óleos de soja e girassol e gordura interesterificada	Cera de candelilla e monoacilgliceróis	Chaves 2014
Produto cárneo	Azeite de Oliva e Óleo de girassol	Policosasol	Lupi et al. 2014
Glacê e pasta americana	Óleo de soja e gordura interesterificada	Cera de candelilla e monoacilgliceróis	Melo, Chaves e Barrera-Arellano 2013
Biscoitos	Azeite de oliva, óleo de soja e linhaça	Girassol, farelo de arroz, abelha e candelilla	Jhwang et al. 2016

No quadro 1. verifica-se os produtos formados, as bases lipídicas (óleos) e os agentes estruturantes utilizados na produção dos oleogéis.

Zulim Botega et al. (2013) produziram um sorvete usando oleogel substituindo a gordura do leite, utilizando 90% óleo de girassol e 10% (m:m) e de cera (arroz), e monooleato de glicerol. Neste trabalho foram analisadas melhorias na qualidade do sorvete produzido com cera de farelo de arroz e candelilla ou carnaúba. A cera de farelo de arroz criou uma amostra mais leve com boa textura e aparência. No entanto, esses resultados não foram associados a maior resistência à fusão.

Bemer et al. (2016) criaram um produto parecido com cream cheese, usando oleogéis de óleo de soja e como estruturantes etilcelulose e cera de farelo de arroz, na concentração de 10% (m/m). Os resultados obtidos foram uma redução de 25% no teor total de gordura para o produto quando comparado ao comercial.

Mert e Demirkesen (2016) produziram oleogéis de óleo de girassol e cera de candelilla nas concentrações de 2,5 e 5% para aplicação em biscoitos para substituição de gordura. Os biscoitos produzidos com oleogéis de cera e óleo de girassol resultaram em produtos macios e de melhor aparência, mas com uma consistência inferior ao biscoito obtido com gordura padrão.

Ogutcu e Yilmaz (2014) desenvolveram margarina a base de óleo de avelã, estruturada com cera de abelha e monoglicerídeos. As análises demonstraram grande capacidade de agregação do óleo chegando a 99%. À medida que o nível de organogelador aumentou, o tempo de formação de cristais diminuiu, mas o teor de gordura sólida (%SFC) aumentou. Os valores de firmeza e viscosidade de todas as amostras foram medidos a cada mês durante 90 dias de armazenamento. Os oleogéis obtidos apresentaram-se com textura homogênea e estabilidade àoxidação durante o armazenamento.

Jang et al. (2015) elaboraram oleogéis à base de óleo de canola estruturados com cera de candelilla em diferentes concentrações (3% e 6%), aplicados como substitutos de gordura na produção de biscoitos. Os cookies formulados com oleogel apresentaram características de dureza menores que os convencionais. Em biscoitos com oleogel, o conteúdo de ácidos graxos insaturados aumentou cerca de 90 a 92% e o nível de gordura sólida foi reduzido para aproximadamente 8 a 10%, demonstrando a eficácia do oleogel para substituir a gordura em biscoitos.

Zetzl, Marangoni e Barbut (2012) produziram salsichas, utilizando oleogel de óleo de canola, soja e linhaça, estruturados com etilcelulose (10%). Os resultados mostraram o oleogel pode substituir o uso de ácidos graxos saturados na produção das salsichas.

Utrilla et al. (2014) produziram um embutido cárneo, usando proporções variadas de oleogéis a partir de azeite de oliva, água e concentrado proteico de soja para substituir a carne de porco tradicional. Foram produzidos seis tipos de embutidos, em termos de características físico-químicas e cor, todos os tipos foram satisfatórios, além disso, houve aumento de ácidos graxos monoinsaturados e houve boa aceitação sensorial pelos consumidores.

Patel et al. (2014) desenvolveram uma base gordurosa de oleogel para produtos do tipo pasta de chocolate, como alternativa de substituição de gordura (óleo de palma 27%) para pasta de chocolate. Os oleogéis foram obtidos a partir de óleo de girassol e goma-laca. A pasta formulada com oleogel não apresentou separação de fases quando armazenada a 30 ° C por mais de 4 semanas. Nesse trabalho o uso de oleogéis para preparação de bolos se mostrou compatível com parâmetros sensoriais e de textura padrão quando comparadas aos bolos vendidos nos mercados.

Hwang et al. (2013) desenvolveram uma margarina a partir de óleo de soja e agentes estruturantes, ceras de candelilla, de girassol e de farelo de arroz. O oleogel de cera de farelo de arroz, que apresentava boas características como gel, não mostrou a consistência esperada para margarina, apesar de não ocorrer separação de fases, enquanto o oleogel com a cera de girassol (2%) apresentou os melhores parâmetros para consistência e estabilidade. Margarinas preparadas a partir de oleogéis contendo 3% cera de girassol apresentaram maior firmeza os cremes vegetais comerciais, demonstrando a viabilidade de oleogéis a produção de margarinase cremes vegetais.

Chaves (2014) desenvolveu margarina usando oleogéis de cera de candelilla (0 a 6%) com óleo de soja, óleo de girassol, e monoacilgliceróis (0 a 4%) e gordura interesterificada (0 a 24%). As margarinas obtidas tiveram redução do teor de gordura saturada (17,3 a 36,6%) emcomparação com o comercial. As amostras foram caracterizadas quanto à composição, qualidade e propriedades térmicas, o que demonstrou elevado potencial do uso dos organogéisna produção de margarina.

Lupi et al. (2014) produziram um produto cárneo (similar a um patê) a partir de oleogéis.O azeite de oliva e o óleo de girassol foram estruturados com uma mistura de policosanois (uma mistura de álcoois graxos de cadeia longa), nas concentrações de 0,1 a 0,5% (m/m). O Policosanol demonstrou melhor estabilidade na avaliação reológica, proporcionando a obtenção de um produto cárneo semelhante aos produtos comercializados.

Melo, Chaves e Barrera- Arellano (2013), utilizaram os oleogéis para produzir um glacê e uma pasta americana. Os óleogeis foram elaborados com óleo de soja (90%) e gordura interesterificada (10%) e agentes estruturantes (cera de candelilla 4% (m/m), monoacilglicerol (4%) e lecitina (0,5%)). Os produtos obtidos tiveram quantidades de gordura *trans* desconsideráveis.

No trabalho de Hwang et al. (2016) foram produzidos biscoitos a partir oleogéis preparados com cera de girassol, cera de farelo de arroz, cera de abelha e cera de candelilla. Azeite, óleo de soja e óleo de linhaça foram utilizados, representando principalmente ácido oleico (18: 1), ácido linoleico (18: 2) e ácido linolênico (18: 3), respectivamente. A maior firmeza de oleogel foi obtida com cera de girassol e óleo de linhaça.

3. DESENVOLVIMENTO DE OLEOGÉIS À BASE DE AZEITE DE OLIVA ESTRUTURADOS POR MONOESTEARATO DE SORBITANA

Preparo oleogéis

Para o preparo dos oleogéis, foi adotada a metodologia de Rocha, 2013, com algumas modificações. O azeite de oliva foi aquecido à temperatura de 80°C em chapa de aquecimento com agitador magnético. Na sequência o agente estruturante (SMS) nas concentrações de 10%, 15% e 20% foi adicionado lentamente ao azeite. Este procedimento foi realizado sob agitação constante e controle de temperatura (80°C ± 2°C), durante três minutos, para garantir a total dispersão dos estruturantes na fase líquida. Após a incorporação completa dos mesmos, as amostras, ainda no estado líquido, foram mantidas por 24 horas em estufa BOD a 5°C, até o momento das análises.

Caracterização dos oleogéis

Os oleogéis possuem a capacidade de controlar a separação de fases e diminuir a mobilidade e a migração da fase oleosa, fornecendo propriedades semelhantes a sólidos sem o uso de altos níveis de ácidos graxos saturados, além de serem portadores de compostos bioativos (CERQUEIRA et al., 2017). A estabilidade dos oleogéis e a estrutura da rede tridimensional foram avaliadas sob temperaturas de armazenamento de 10 e 25 ºC.

Estabilidade do sistema: análise visual

Para avaliação visual, 5g de cada amostra de organogel foram colocadas em tubos de vidro de 10mL com tampa. Inicialmente, as amostras foram fundidas a 80^{0}C em banho-maria, agitadas manualmente e mantidas na temperatura por 30 min para apagar a memória cristalina. Em seguida, as amostras foram colocadas em BOD nas temperaturas de formação de 10 e 25^{0}C por 24h. Após os tubos foram inclinados a 180^0 e, por meio de análise visual, as amostras foram classificadas como “líquido” (quando escoaram imediatamente),’ líquido viscoso” (quando escoaram lentamente) e ‘gel” (quando não escoaram). Os dados foram registrados em fotografias dos tubos. O procedimento para apagar a memória cristalina foi repetido para todasas temperaturas de formação (SANSÓN, 2019).

Avaliação da microestrutura dos organogéis

A morfologia e o arranjo dos cristais foram estudados para melhor compreender a influência da concentração do agente estruturante na formação do oleogel por meio da microscopia óptica. Para essa avaliação as amostras foram preparadas conforme SANSÓN, 2019 onde a lâmina de vidro e a lamínula foram previamente aquecidas a 80^{0}C e mantidas à mesma temperatura por 30 min. Em seguida, uma gota de amostra foi colocada sobre a lâmina de vidro e a gota coberta com uma lamínula, resultando em uma fina película de oleogel. As lâminas foram mantidas a 80^{0}C por 20 min. e após transferidas para BOD (modelo SSGF - 350L), onde foram mantidas a temperatura de análise por 24h. As temperaturas de análise foram de 10ºC e 25^{0}C em concentrações de 10, 15 e 20% de agente estruturante. As amostras obtidas foram observadas com ampliação de 40X, em microscópio óptico e trinocular da marca DI- 115T e a câmera ccd acoplada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

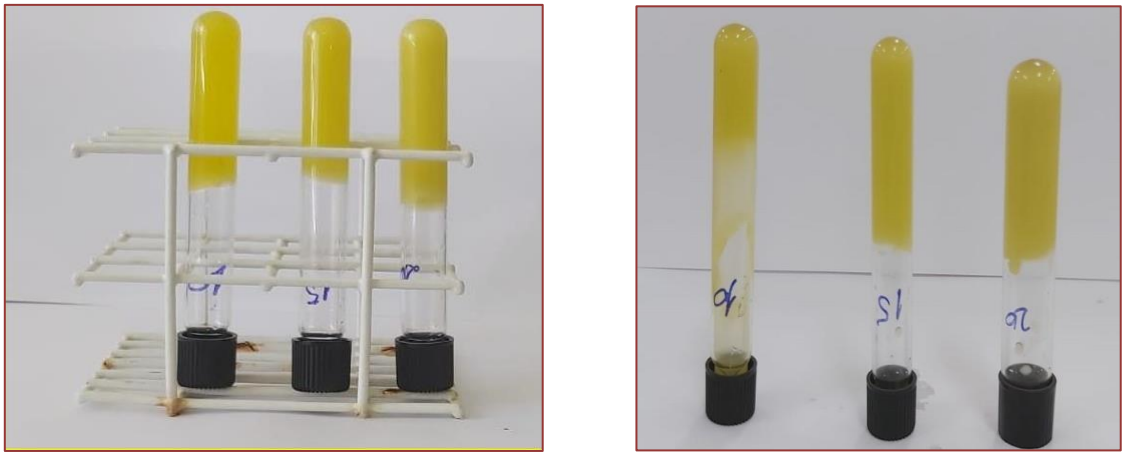
Análise visual

A Tabela 1 apresenta os resultados da avaliação visual dos oleogéis a base de azeite de oliva com diferentes concentrações (10, 15 e 20%) do estruturante monoestearato de sorbitana em temperaturas de 10 e 25^{0}C, em que em que L = líquido, Lv = Líquido viscoso e G = gel.

Tabela 1. Estabilidade dos oleogéis de azeite de oliva e monoesterato de sorbitana em diferentes concentrações e temperaturas

Concentração (%)	Temperatura (ºC)	Textura
10	10	G
15	10	G
20	10	G
10	25	L
15	25	Lv
20	25	G

Figura 1: Amostras com concentrações a 10%, 15%, 20% a) temperatura de 10ºC e b)temperatura de 25ºC



(a) (b)

A análise de estabilidade dos oleogéis foi realizada visualmente baseando-se no escoamento gravitacional. Esse efeito depende principalmente da concentração do agente estruturante, mas o tempo e a temperatura de resfriamento também podem interferir no produtofinal (SAGIRI et al., 2015). O ideal é obter um oleogel firme o suficiente para não escoar quando o tubo for invertido. Conforme apresentado na Tabela 1, verifica-se que na temperatura de 10ºC, independente das concentrações todas as amostras apresentaram aparência de gel. Na temperatura de 25ºC as amostras com concentrações de 10% e 15% podem ser classificadas como líquida (escoou rapidamente) e líquido viscoso (escoou lentamente), respectivamente. Aamostra com concentração de 20% formou gel. Dessa maneira, a partir da análise dos resultadosda Tabela 1 e das Figuras 1 e 2 constata-se que o aumento da temperatura associado a menor concentração de agente estruturante favorece a redução da viscosidade, obtendo-se produtos com pouca consistência.

Avaliação da microestrutura dos organogéis

A interpretação das imagens foi realizada de forma qualitativa. A avaliação da microestrutura do oleogel proporciona o entendimento das interações entre os componentes do sistema, esclarecendo as propriedades macroscópicas dos oleogéis. A morfologia do cristal exerce efeito sobre a estrutura do oleogel, como por exemplo em sua firmeza. Quanto maior for a área superficial dos cristais pequenos, mais eficaz será a estruturação dos oleogel (SANSÓN, 2019).

Para formação de oleogéis são necessárias três etapas: nucleação cristalina inicial, ramificação cristalina repetida e crescimento final do cristal. Quando são utilizadas baixas concentrações de agente estruturante na formação de oleogéis pode ocorrer o crescimento de cristais restrito a duas dimensões (plaquetas). Entretanto, a formação do gel requer a criação deuma rede cristalina contínua, conseguida com o aumento da concentração do agente estruturante, gerando uma estrutura tridimensional que imobiliza completamente a fase oleosa(ROGERS e KIM, 2011).

Figura 2. Análise microscópica das amostras sob temperatura de 10^{0}C a) concentração a 10% b) concentração a 15% c) concentração a 20%

(a) (b)

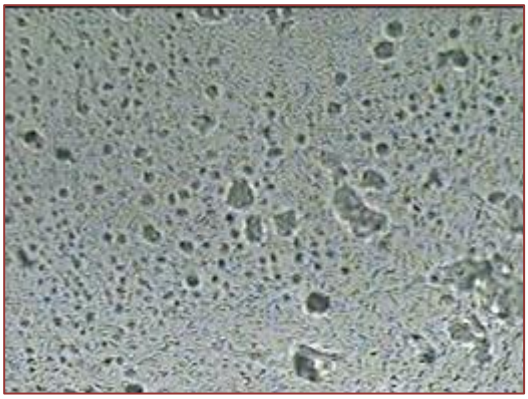
(c)

Avaliando as figuras 2 e 3 verifica-se que o aumento da concentração do agente estruturante, proporcionou cristais com forma mais arredondada e homogênea e também o aumento quantidade desses cristais com consequente aumento da área superficial. As amostras de oleogéis contendo 20% do agente estruturante a temperaturas de 10 e 25^{0}C, apresentaram resultados satisfatórios para microestrutura, devido a presença do maior número de cristais (sistema homogêneo) com uma rede bem estruturada.

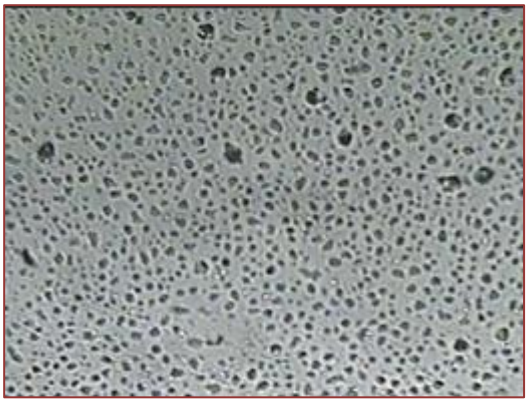
Em relação a temperatura, verifica-se que a mesma é proporcional ao tamanho dos cristais, ou seja, seu aumento ocasiona o aumento do tamanho dos cristais, ocasionando uma menor área superficial devido ao menor número de cristais formados. Assim, o uso deconcentrações menores do agente estruturante (10 e 15%) a temperatura de 25^{0}C demostrou não ser capaz de formar oleogéis firmes e estáveis, dificultando o aprisionamento da fase interna (oleosa). Isto é corroborado por meio das observações visuais da estabilidade dos oleogéis tabela 1 e Figura 1.

Figura 3. Análise microscópica das amostras sob temperatura de 25^{0}C a) concentração a 10% b) concentração a 15% c) concentração a 20%

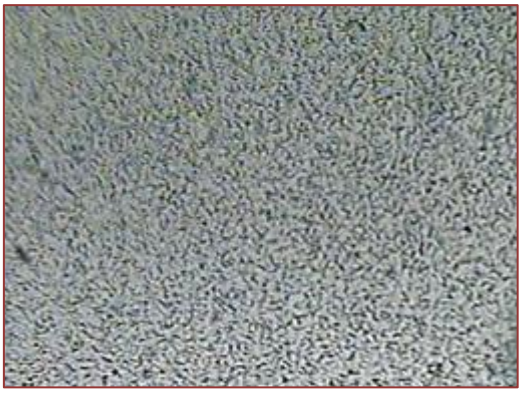
(a)



(b)



(c)



5. CONCLUSÃO

Os oleogéis são uma alternativa promissora para a elaboração de alimentos mais saudáveis com características estruturais desejáveis. Essa tecnologia proporciona o desenvolvimento de novos produtos com potencial uso em aplicações tecnológicas inovadorasproporcionando assim, a substituição ou retirada parcial de ácidos graxos saturados da dieta.

Os oleogéis obtidos a partir do azeite de oliva contendo 20% de agente estruturante (SMS) produzidos às temperaturas de 10 e 25ºC comportaram-se como os melhores sistemas dentre dos demais avaliados. A partir desses resultados, é possível concluir que na formulação da fase sólida dos oleogéis é necessário a escolha de dois ou mais agentes estruturantes combinados em proporção que resultem numa melhor estruturação da fase líquida utilizando uma menor quantidade do agente estruturante SMS, proporcionando melhores características físicas e sensoriais. Destaca-se que uma investigação mais detalhada do comportamento térmico e da consistência dos oleogéis, faz-se necessário para uma compreensão mais aprofundada do comportamento desses materiais.

REFERÊNCIAS

[1] BARBOSA, K. M. Obtenção e caracterização de sistemas lipídicos à base de óleo desojautilizando a tecnologia de organogéis. Tese (mestrado) – Campinas, SP : [s.n.], 2018.

[2] BEMER, H. L. et al. Vegetable organogels incorporation in cream cheese products. Food Research International, Elsevier B.V., v. 85, p. 67–75, 2016. ISSN 09639969. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2016.04.016>.

[3] CERQUEIRA, M.A. et al. Structural and mechanical properties of organogels: Role of oil and gelator molecular structure. Food Research International, v.96, p.161-170, 2017.

[4] CHAVES, K. F. Processo Simplificado de Fabricação de Margarinas com Reduzidos Teores de Ácidos Graxos Saturados Utilizando a Tecnologia de Estruturação de Óleos. 75 p. Tese (Mestrado) — Campinas, SP, 2014.

[5] CHAVES, K. F. Desenvolvimento de Organogéis para Aplicação em Spreads de Chocolate. Universidade Estadual de Campinas, SP, Tese (Doutorado) 2019.

[6] DI FABIO, E. Influência do tipo do óleo nas propriedades físicas de oleogéis. Tese (mestrado)- Universidade de São Paulo. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. São Paulo, SP 2020. 79 p.

[7] DOAN, C. D. et al. Evaluating the Oil - Gelling Properties of Natural Waxes in Rice Bran Oil: Rheological , Thermal , and Microstructural Study. Journal of the American Oil Chemists Society, v. 92, n. 6, 2015.

[8] FENNEMA, O. R. et al. Química de Alimentos de Fennema – 4ª ed. - Editora Artmed, 2010.

[9] HWANG, H.S. et al. Margarine from Organogels of Plant Wax and Soybean Oil. Journal of the American Oil Chemists' Society, v. 90, n. 11, p. 1705–1712, aug 2013. ISSN 0003-021X. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11746-013-2315-z>.

[10] HWANG, H. S. et al. Preparation of margarines from organogels of sunflower wax and vegetable oils. Journal of Food Science, v. 79, n. 10, p. C1926–C1932, 2014. ISSN 17503841.

[11] HWANG, H. S. et al. Properties of Cookies Made with Natural WaxVegetable Oil Organogels. Journal of Food Science, 81(5), C1045–C1054, 2016. https://doi.org/10.1111/1750-3841.13279

[12] JANG, H., et al. Evaluation of canola oil oleogels with candelilla wax as an alternative tshortening in baked foods. Food Chemistry. vol. 157, p. 525-529, 2015.

[13] LIM, J. et. al. Oil-structuring characterization of natural waxes in canola oil oleogels : rheological , thermal , and oxidative properties. Applied Biological Chemistry, v. 60, n. 1, p. 17–22, 2017.

[14] LIU, L. et al. Evaluation of oil-gelling properties and crystallization behavior of sorghum wax in fish oil. Food Chem. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125567.2020.

[15] LUPI, F. R. et al. Rheological design of stabilized meat sauces for industrial uses. European Journal of Lipid Science and Technology, v. 116, n. 12, p. 1734–1744, 2014. ISSN 14389312.

[16] MARTINS, A. J. et al. Oleogels for development of health-promoting food products. Food Science and Human Wellness 2019

[17] MARANGONI, A.G., GARTI, N., 2011. Edible Oleogels: Structure and Health Implications, 1st ed. Copyright © 2011 AOCS Press.

[18] MELO, C. A.; CHAVES, K. F.; BARRERA-ARELLANO, D. Formulação de pasta americana e glacê com baixo teor de ácidos graxos saturados a partir da tecnologia de organogéis. In: SBOG 20 anos: Novos Horizontes para Ciência e Tecnologia de Óleos e Gorduras. Florianópolis: [s.n.], 2013.

[19] MERT, B; DEMIRKESEN, I. Reducing saturated fat with oleogel/shortening blends in a baked product. Food Chemistry, 199, 809–816, 2016.

[20] OGUTCU, M; YILMAZ, E. Properties and Stability of Hazelnut Oil Organogels with Beeswax and Monoglycerides. Journal of the American Oil Chemists' Society (JAOCS) Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11746-014-2434-1, 2014.

[21] PATEL, A. R. et al. Polysaccharide-based oleogels prepared with an emulsion-templated approach. ChemPhysChem, v. 15, n. 16, p. 3435–3439, 2014. ISSN 14397641

[22] ROCHA, J. C. B. et al. Thermal and rheological properties of organogels formed by sugarcane and candelilla wax in soybean oil. Food Research International. vol.50, p. 318-323, 2013.

[23] ROCHA, J. C. B. et al. Obtenção e caracterização de organogeis de óleo de soja estruturados utilizando ceras vegetais e gordura interesterificada sob condições controladas de cristalização. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, 2017.

[24] ROGERS, M. A. Oil organogels: the fat of the future? Soft Matter, v.5, 2009

[25] ROGERS, M. A. et al. ”Corrigendum to “Nanostructuringfiber morphology and solvent inclusions in 12-hydroxystearic acid/canola oil organogels” [Current Opinion in Colloid & Interface Science 14(1) (2009) 33–42].Current Opinion in Colloid & Interface Science, 14(3),223. Disponível em : https://doi.org/10.1016/j.cocis.2009.02.003

[26] ROGERS, M.A.; KIM, J.H.J. Rheological assessment of the sol–gel transition for self- assembling low molecular weight gelators. Food Research International 44, 1447–1451. https://doi.org/10.1016/j.foodres. 2011.03.014.

[27] SANSÓN, M. D. S. Desenvolvimento de oleogéis à base de óleo de girassol alto oleicoestruturados por monoestearato de sorbitana e cera de candelilla. Universidade de São Paulo. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Tese(mestrado) São Paulo- SP, 2019

[28] SAGIRI, S.S. et al. Core–shell-type organogel–alginate hybrid microparticles: A controlled delivery vehicle. Chemical Engineering Journal 264, 134–145. 2015. https://doi.org/10.1016/j.cej.2014.11.032.

[29] SOUZA, A. K. S. et al. Obtenção e Caracterização de Organogéis de Óleo de Soja Estruturado com Monoestearato de Sorbitana e Monoglicerídios - XXIV Congresso de Iniciação Científica da UNICAMP, 2016.

[30] UTRILLA, M.C. et al. Effect of partial replacement of pork meat with an olive oil organogel on the physicochemical and sensory quality of dry- ripened venison sausages. Meat Science, 97, 575–582, 2014.

[31] ZETZL, A. K. et al. Mechanical properties of ehtilcellulose oleogels and their potential for saturated fat reduction in frankfurters. Food e Function. vol.3, p. 327-337, 2012.

[32] ZUIN, J. C. Avaliação da eficiência de ceras de candelilla na estruturação de organogeis. Tese (mestrado) – Campinas, SP : [s.n.], 2017.

[33] ZULIM BOTEGA, D. C. et al. The potential application of rice bran wax oleogel to replace solid fat and enhance unsaturated fat content in ice cream. Journal of food science, v. 78, n. 9, p. C1334–9, sep 2013. ISSN 1750-3841. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24024686>.

Capítulo 11

Avaliação do efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de maracujá (Passiflora edulis)

Maurício Rigo
José Raniere Mazile Vidal Bezerra
Ângela Moraes Teixeira
Flavia Jaqueline Kitcky de Deus
Tamara Karam da Silva

Resumo: O conhecimento do comportamento reológico das polpas de frutas é importante por trazer parâmetros para a indústria de alimentos. Neste trabalho, foi produzida a polpa de maracujá e estudado o efeito da temperatura no seu comportamento reológico. Os dados experimentais foram obtidos em viscosímetro rotacional de cilindros concêntricos e ajustados pelos modelos de Ostwald-de-Waelle, Herschel-Bulkley e Casson. Os resultados mostraram que a viscosidade aparente da polpa de maracujá diminuiu com o aumento da temperatura até 60 °C, comportando-se como fluido não-newtoniano com característica pseudoplástica. Os três modelos mostraram-se adequados para descrever o comportamento reológico da polpa de maracujá. O efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa foi descrito por uma equação similar à de Arrhenius e discutida em termos de energia de ativação (Ea). Os valores de Ea variaram de 9,82 a 14,89 kJ/g-mol, com o aumento da taxa de deformação.

Palavras-chave: reologia, maracujá, energia de ativação.

1. INTRODUÇÃO

O maracujá é uma fruta tropical da família das Passifloraceae, do gênero Passiflora, seu cultivo é tradicional no Brasil e na Colômbia. O maracujazeiro apresenta flores e frutas várias vezes no ano, sendo de grande importância econômica para o Brasil que tem produtividade de 4 t/ha/ano e é o maior produtor e consumidor de maracujá na forma de fruta "in natura" processada, há também a venda das flores e como matéria prima para a produção de cosméticos e condimentos [1].

A polpa de maracujá apresenta ampla aplicação na indústria alimentícia sendo vendida diretamente ou usada como matéria prima para a elaboração de sucos, néctares, geleias, sorvetes, entre outros [1].

Na indústria de produção de sucos e polpas de frutas há diversas etapas do processamento em que o produto é submetido a trocas térmicas, e torna-se importante conhecer os parâmetros reológicos dos produtos, a diferentes temperaturas, pois esses dados compilados na forma de equações são empregados nos cálculos de projetos para dimensionamento da tubulação e de equipamentos adequados ao processamento para evitar desperdício de energia. [2, 3].

Os principais fatores responsáveis pelo comportamento reológico dos produtos derivados de frutas são: o tipo de fruta, temperatura e o teor de sólidos (açúcares, pectinas e fibras). Uma vez que os sucos, polpas e néctares de frutas são sistemas bifásicos constituídos por partículas sólidas dispersas em meio aquoso, o seu comportamento reológico também será influenciado pela concentração, composição química, tamanho, forma e distribuição das partículas que compõem a fase dispersa [4].

A reologia aplicada a alimentos estuda o comportamento estrutural do fluido levando em conta os processos ao qual o alimento será submetido, contribuindo para o dimensionamento de bombas, trocadores de calor e tubulações, a fim de se obter um produto com características sensoriais preservadas [5].

A viscosidade pode ser afetada pelo tratamento térmico ao qual o fluido é submetido e concentração de sólidos, sendo útil o conhecimento do comportamento reológico do alimento para controle de qualidade, padronização de processo e projeto de equipamentos [6].

Neste escopo, o objetivo deste trabalho foi produzir a polpa de maracujá, fazer a sua caracterização físico-química e estudar experimentalmente o comportamento reológico da polpa na faixa de temperatura de 10 °C a 60 °C.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. OBTENÇÃO E PREPARO DA MATÉRIA PRIMA

Os maracujás (*Passiflora edulis)* foram obtidos em mercados da região de Guarapuava, estado do Paraná, todos de um mesmo lote. Foi feita a seleção dos maracujás utilizando-se como critérios a aparência e grau de maturação. Os maracujás foram lavados e sanitizados em solução de hipoclorito de sódio (10 mg/L^{-1}) durante 10 minutos, em seguida foram enxaguados em água corrente.

As amostras foram cortadas ao meio e sua polpa foi retirada e processada em despolpadeira (Tortugan, Brasil) com tela de 1,6 mm de abertura. A polpa foi envasada em sacos de polietileno e armazenada em freezer a temperatura de -18 °C.

2.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA POLPA DE MARACUJÁ

Para a caracterização da polpa integral de maracujá foram realizadas as seguintes análises físico-químicas, em triplicata: umidade, acidez total titulável, cinzas por incineração, medidas de pH e sólidos solúveis, conforme métodos descritos pelo [7].

2.3. REOMETRIA

As medidas de viscosidade foram realizadas em viscosímetro digital programável Brookfield LVDV–II+ com o sistema de cilindros concêntricos (sistema Coutte) com o Spindle n° 18, a velocidade foi variada para obtenção dos dados de viscosidade aparente (ηap), tensão de cisalhamento (τ) e taxa de deformação (γ). As medidas foram realizadas nas temperaturas de 10, 20,5; 30,2; 40,5; 50,5 e 60 °C, que foram controladas por banho termostático (Haake).

O tempo de corrida, para cada ensaio foi programado para 6 minutos, sendo que nos três minutos iniciais a taxa de deformação variou de maneira crescente até o valor máximo, próximo de 264 s^{-1}. Em seguida, a taxa de deformação variou de maneira decrescente durante três minutos até o valor mínimo próximo de 0 s^{-1}, com o espaço anular entre os cilindros medindo 1,0 mm.

Tanto na corrida ascendente quanto na descendente foram obtidos 20 pontos de taxa de deformação *versus* tensão de cisalhamento, resultando num total de 40 pontos, dos quais foi tomado o valor médio da tensão de cisalhamento para cada taxa de deformação.

As curvas de taxa de deformação *versus* tensão de cisalhamento foram ajustadas pelos modelos de Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência), Herschel-Bulkley e Casson (Tabela 1), por se tratarem dos modelos mais simples empregados para descrever a maioria dos comportamentos não newtonianos pseudoplásticos de sucos, néctares e polpas [6]. Os modelos reológicos são importantes por representar matematicamente a relação entre os valores experimentais da tensão de cisalhamento e taxa de deformação, para um determinado fluido e assim permitir o tratamento analítico do escoamento.

Tabela 1. Equações dos modelos reológicos de Ostwald-de-Waelle, Casson e Herschell-Bulkley

Modelos	Equações
Ostwald-de-Waelle	$\tau = K.(\gamma)^n$ (1)
Casson	$\tau^{0,5} = K_{OC} + K_C.(\gamma)^{0,5}$ (2)
Herschell-Bulkley	$\tau = \tau_{OH} + K_H.(\gamma)^n$ (3)

Onde: τ = tensão de cisalhamento (Pa);
γ = taxa de deformação (s^{-1});
K = índice de consistência (Pa s^n);
n = índice de comportamento (adimensional);
τ_{0H} = tensão de cisalhamento inicial de Herschell-Bulkley (Pa);
K_H = índice de consistência de Herschell-Bulkley (Pa s^n);
K_{OC} = Tensão inicial de Casson ($Pa^{0,5}$);
K_C = Viscosidade plástica de Casson (Pa s)^{0,5};

Os resultados experimentais obtidos foram ajustados aos modelos reológicos de Ostwald-de-Waelle, Casson e Herschell-Bulkley usando-se o software Microsoft Excell, versão 2007. Os dados foram submetidos à análise estatística para avaliar a qualidade dos dados obtidos segundo o parâmetro do X^2 (qui-quadraro), demonstrado na Equação 4. O X^2 expressa a diferença entre os valores previstos pelo modelo e os valores obtidos experimentalmente.

$$X^2 = \sum_{i=1}^{n}\left[\frac{(y_{med} - y_{pred})^2}{y_{pred}}\right] \qquad \text{(Equação 4)}$$

Onde:

X^2 = teste do Qui-quadrado;

y_{med} = valor experimental medido ;

y_{pred} = valor predito pelo modelo reológico.

Quanto maior for o valor de X^2 maior será a discrepância entre as frequências observadas experimentalmente e predita pelo modelo. Portanto, o modelo que melhor se ajusta é aquele com baixos valores de X^2.

Foi obtida uma equação de ajuste dos dados experimentais de viscosidade aparente em função da taxa de deformação e temperatura, de acordo com o procedimento Steffe, 1996 [6].

2.4. EFEITO DA TEMPERATURA

Para avaliar o efeito da temperatura e obter o valor da energia de ativação para a polpa de maracujá foi traçado o gráfico Ln (viscosidade aparente) *versus* Temperatura para diferentes taxas de deformação, a fim de se obter os parâmetros de ajuste para a equação de Arrhenius que possibilita descrever o comportamento da viscosidade em função da temperatura de diversos alimentos líquidos (Equações 5 e 6) [8].

$$\eta = B \cdot exp(\frac{Ea}{R \cdot T}) \quad \text{(Equação 5)}$$

$$ln(\eta) = (\frac{Ea}{R}) \cdot T^{-1} + B \quad \text{(Equação 6)}$$

Onde: η = viscosidade aparente (Pa.s), E_a = energia de ativação (J/mol), R = constante universal dos gases (8,314 J/mol K), T = temperatura absoluta (K) e B = parâmetro de ajuste.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA POLPA INTEGRAL DE MARACUJÁ

Na Tabela 2 estão apresentados os teores de umidade, cinzas, acidez total titulável, pH e sólidos solúveis encontrados para a polpa de maracujá, bem como seus desvios padrão. Os parâmetros acidez total, pH e sólidos solúveis encontram-se dentro dos padrões de identidade e qualidade gerais para polpa de frutas [9].

Tabela 2. Características físico-químicas da polpa de maracujá

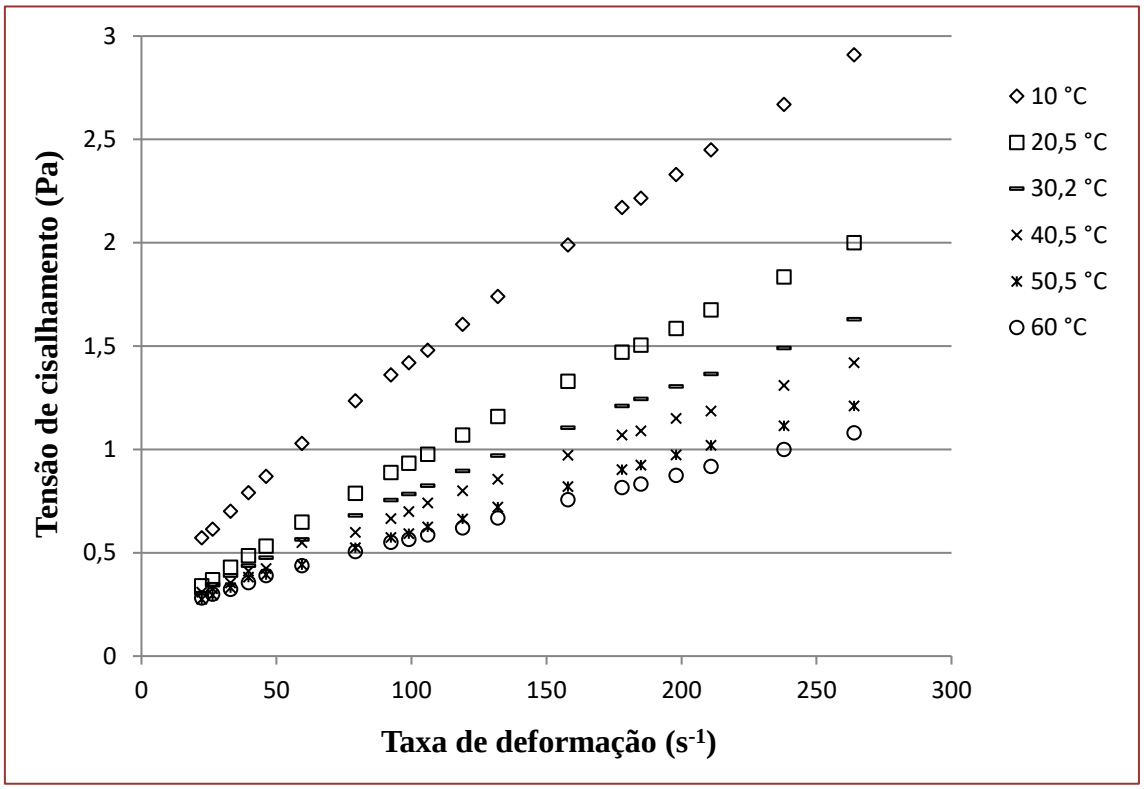
Parâmetros	Valores
Umidade (%)	90,8 ± 0,1
Cinzas (%)	0,77 ± 0,07
Acidez (g /100 mL)	3,39 ± 0,01
pH	3,16 ± 0,01
Sólidos solúveis (°Brix)	11,0 ± 0,05

3.2. REOMETRIA

Os resultados experimentais de tensão de cisalhamento *versus* a taxa de deformação, para cada temperatura estudada estão representados na Figura 1.

Nenhuma mudança significativa foi observada entre a tendência da curva de subida da taxa de cisalhamento de 0 a 264 s^{-1} e a tendência de descida desta curva para taxa de cisalhamento de 264 a 0 s^{-1}, então foram considerados os valores médios dos parâmetros reológicos para fazer o gráfico da taxa de deformação versus a tensão de cisalhamento da Figura 1. Não foram observados efeitos de histerese, o que significa que a polpa não apresentou comportamento dependente do tempo (tixotropia).

Figura 1. Relação entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação para as diferentes temperaturas estudadas



Na Figura 1 observa-se um aumento na tensão de cisalhamento com o aumento da taxa de deformação, para todas as temperaturas. Também se observa para uma taxa de deformação fixa, que a tensão de cisalhamento diminui com o aumento da temperatura. Ainda é possível verificar que associado ao aumento da temperatura ocorre uma leve tendência de diminuição da inclinação das curvas com o aumento da taxa de deformação. Esses comportamentos são resultantes da força de cisalhamento geradas durante o escoamento do fluido, que pode alterar a estrutura molecular da amostra fazendo com que as partículas sejam orientadas em direção paralelas ou mesmo quebradas, promovendo desta forma a diminuição do atrito e facilitando o escoamento do fluido [6, 10].

Os parâmetros de ajuste obtidos através da curva de escoamento (tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação) para os modelos de Ostwald-de-Waelle, Herschell-Bulkley e Casson encontram-se respectivamente nas tabelas 3, 4 e 5, juntamente com o parâmetro estatístico utilizado para a avaliação dos modelos.

Tabela 3. Parâmetros obtidos para o modelo de Ostwald-de-Waelle

Temperatura (°C)	K (Pa s^n)	n	X^2
10	0,069	0,664	0,0148
20,5	0,034	0,726	0,0078
30,2	0,037	0,672	0,0084
40,5	0,040	0,631	0,0169
50,5	0,041	0,596	0,0239
60	0,048	0,545	0,0165

Tabela 4. Parâmetros obtidos para o modelo de Herschell-Bulkley

Temperatura (°C)	τ_{0H} (Pa)	K_H (Pa s^n)	n	X^2
10	0,426	0,0058	1,10	0,071
20,5	0,224	0,0047	1,07	0,032
30,2	0,230	0,0033	1,10	0,036
40,5	0,232	0,0031	1,08	0,027
50,5	0,211	0,0029	1,05	0,010
60	0,231	0,0021	1,09	0,016

Tabela 5. Parâmetros obtidos para o modelo de Casson

Temperatura (°C)	K_{OC} ($Pa^{0,5}$)	K_C $(Pa\ s)^{0,5}$	X^2
10	0,370	0,082	0,0032
20,5	0,241	0,072	0,0031
30,2	0,268	0,062	0,0012
40,5	0,285	0,055	0,0106
50,5	0,288	0,049	0,0058
60	0,320	0,043	0,0071

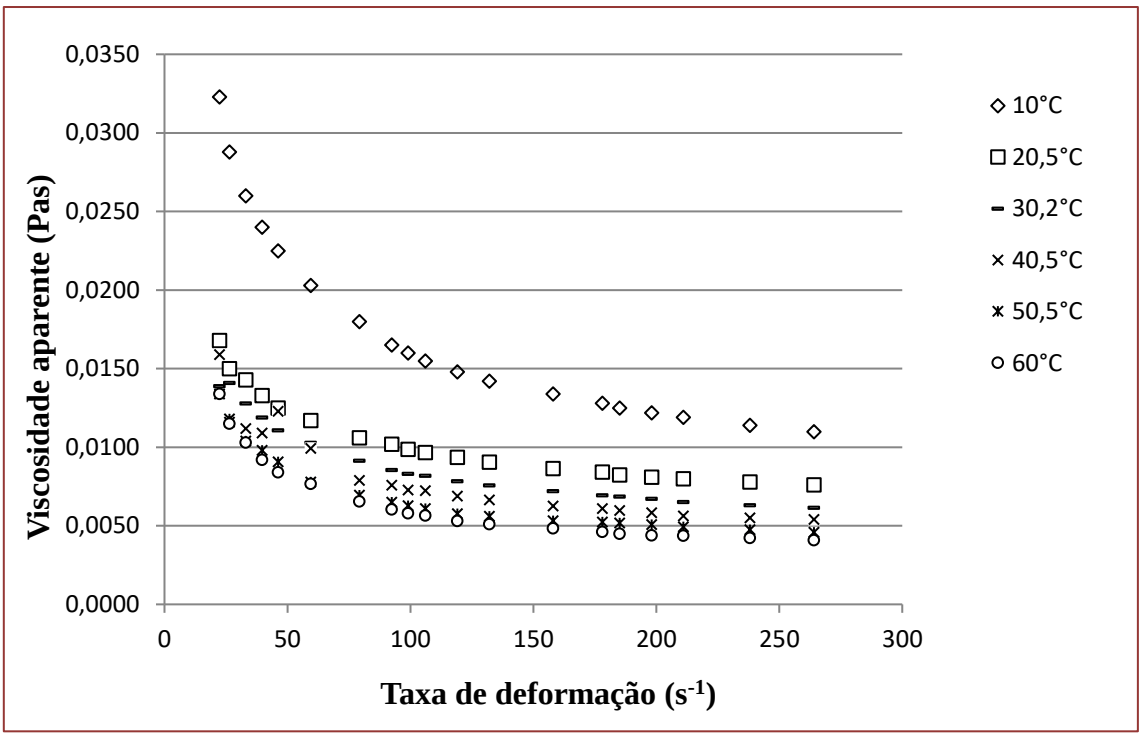
Os três modelos reológicos testados (Ostwald-de-Waelle, Casson e Hershell-Bulkley) ajustaram-se bem aos dados experimentais de tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação, uma vez que apresentaram valores baixíssimos de X^2. O modelo de Casson foi o que obteve os menores valores de X^2 para todas as temperaturas investigadas, seguido pelos modelos de Ostwald-de-Waelle e Hershell-Bulkley.

Observa-se que os valores de n (índice de comportamento) na tabela 3 foram abaixo de um (1) em todas as temperaturas estudadas, isso classifica a polpa de maracujá como fluido não newtoniano com característica pseudoplástica. No modelo de Ostwald-de-Waelle os valores de índice de comportamento sofreram redução conforme o aumento da temperatura, a redução sofrida pelos valores de n é da faixa de 0,726 para 0,545, indicando que a polpa de maracujá perde pseudoplasticidade e fica menos viscosa na medida em que a temperatura aumenta, facilitando o escoamento e a troca de calor durante o processamento. Comportamento semelhante foi reportado por Pelegrine e Gasparetto (2002) [11], que avaliaram o comportamento reológico de polpa de manga e abacaxi.

Na Figura 2 está apresentada a viscosidade aparente da polpa de maracujá em função da taxa de deformação para as temperaturas investigadas, onde se verifica que a viscosidade aparente da polpa de maracujá diminuiu em função do aumento da taxa de deformação, esse é um comportamento reológico pseudoplástico e esperado para polpas de frutas, as quais se constituem basicamente de dispersões de moléculas ou partículas assimétricas em meio líquido. Quando a polpa é submetida a uma tensão de cisalhamento começa a escoar e suas moléculas tendem a orientar-se na direção da força aplicada. Quanto maior a força aplicada, maior será a ordenação, ocasionando a diminuição da viscosidade aparente [12].

A partir da taxa de deformação de 150 s^{-1}, a viscosidade aparente da polpa de maracujá tende a ficar constante para as temperaturas de 10 a 60 °C.

Figura 2. Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para as diferentes temperaturas estudadas



A viscosidade aparente decresceu com o aumento da temperatura para taxas de deformação constantes (Figura 2). Esse é um comportamento comum para polpa de frutas, que são constituídas de sólidos solúveis dispersos em meio aquoso, onde o aumento da temperatura facilita o movimento das partículas em suspensão ocasionando a diminuição da viscosidade aparente [11]. A viscosidade menor reduz a perca de carga na tubulação, consequentemente possibilita um custo menor para a produção, devido à redução da potência exigida da bomba.

Com os parâmetros obtidos do modelo de lei de potência para as temperaturas investigadas, foi traçado um gráfico cujo ajuste linear dos dados experimentais forneceu parâmetros da equação de Arrhenius, os quais foram usados para obtenção de uma equação de trabalho (equação 7), que apresenta a viscosidade aparente em função da temperatura e taxa de deformação investigadas [6].

$$\mu_{ap} = 0{,}5\exp\left(\frac{-793{,}727}{T}\right)\times\left(\frac{dv_x}{dy}\right)^{-0{,}361} \qquad \text{Equação 7}$$

Com a equação 7 é possível obter a viscosidade aparente em (Pa s) para a taxa de deformação de 22,4 até 264 s^{-1} e temperatura de 20 a 60°C (a entrada da temperatura na equação deve ser feita em kelvin).

3.3 EFEITO DA TEMPERATURA

O modelo de Arrhenius foi utilizado para descrever o comportamento do escoamento da polpa de maracujá em função da temperatura. A Figura 3 mostra a relação entre ln(viscosidade aparente) *versus* temperatura a diferentes taxas de deformação. O ajuste linear dos dados experimentais forneceu os valores dos parâmetros de ajuste da equação de Arrhenius, conforme Tabela 6, onde Ea/R é o coeficiente angular e B o coeficiente linear.

Figura 3. Efeito da temperatura sobre a viscosidade aparente de polpa de maracujá a diferentes taxas de deformação

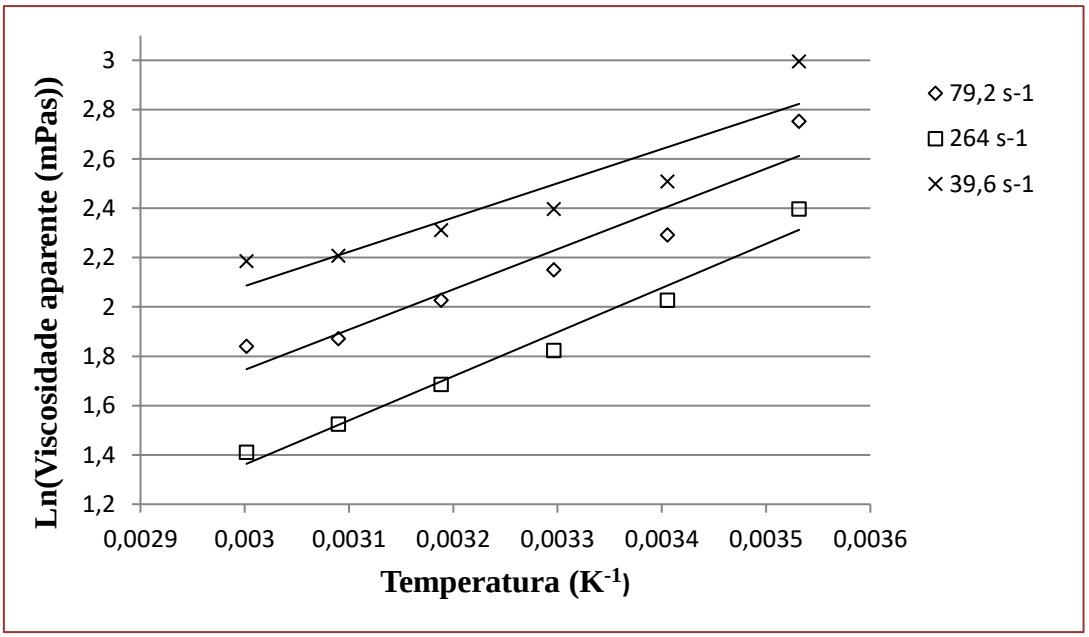


Tabela 6. Parâmetros de ajuste da equação de Arrhenius

Taxa de deformação (s^{-1})	Ea/R (K)	B	R^2	Ea (kJ/g-mol)
22,4	1181	1,124	0,724	9,82
39,6	1389	2,085	0,845	11,55
79,2	1631	3,150	0,915	13,56
106	1665	3,353	0,940	13,84
158	1747	3,742	0,956	14,52
198	1778	3,908	0,967	14,78
264	1790	4,010	0,972	14,89

O valor de energia de ativação para polpa de maracujá variou de 9,82 a 14,89 kJ/g-mol em função do aumento da taxa de deformação. Esses valores obtidos foram da da mesma ordem de grandeza quando comparado ao de outras polpas. A energia de ativação da polpa inegral de morango variou entre de 11,2 a 14,2 kJ/g-mol, de acordo com a taxa de deformação [13], e para a polpa integral de butiá variou de 8,4 a 9,1 kJ/g-mol [14]. Altos valores de energia de ativação indicam que a viscosidade da polpa é mais sensível a alterações de temperatura. Os valores de R^2 próximos de um (1) indicam o bom ajuste da equação de Arrhenius, excetuando-se as baixas taxas de deformação de 22,4 s^{-1} e 39,6 s^{-1}. Elevados valores de energia de ativação indicam uma mudança mais rápida na viscosidade com a alteração da temperatura [6].

4. CONCLUSÃO

A polpa de maracujá apresentou comportamento reológico não newtoniano com característica pseudoplástica.

Os dados experimentais dos reogramas para polpa de maracujá foram bem ajustados pelos modelos de Herschell-Bulkley, Casson e Ostwald-de-Waelle. O melhor ajuste se deu pelo modelo de Casson.

Os resultados obtidos indicam a diminuição da viscosidade aparente com o aumento da taxa de deformação e com o aumento da temperatura até 60ºC, o que corrobora o comportamento pseudoplástico da polpa. A partir da taxa de deformação de 150 s^{-1}, a viscosidade aparente da polpa de maracujá tende a ficar constante para as temperaturas de 10 a 60 ºC.

O Modelo de Arrhenius apresenta uma boa descrição do efeito da temperatura sobre a viscosidade aparente da polpa de maracujá, e o valor de energia de ativação para polpa variou de 9,82 a 14,89 kJ/g-mol em função do aumento da taxa de deformação.

REFERÊNCIAS

[1] EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. O produtor pergunta, a Embrapa responde - Coleção 500 perguntas, 500 respostas. Brasília-DF. ISBN 978-85-7035-617-8. 341 p, 2016.

[2] RAO, M.A.; COOLEY, H.J.; VITALI, A.A. Flow properties of concentrated juices at low temperatures. Food Technology**,** v.38, n.3, p.113-119, 1984.

[3] HOLDSWORTH, S. D. Applicability of rheological models to the interpretation of flow and processing behaviour of fluid food products. Journal of Texture Studies, v.2, p.393- 418, 1971.

[4] COSTELL, E.; DURÁN, L. "Reología físico química de los zumos y purés de frutas. Revista de agroquímica y tecnología de alimentos". vol. 22, n. 1, p. 81-94, 1982.

[5] MATHIAS, T. R. S.; ANDRADE, K. C. S.; ROSA, C. L. S.; SILVA, B. A. Avaliação do comportamento reológico de diferentes iogurtes comerciais. Brazilian Journal Food Technology, Campinas, v. 16, n. 1, p. 12-20, 2013.

[6] STEFFE, J.F. Rheological methods in food process engineering. 2. ed. Freeman Press, 412p., 1996.

[7] INSTITUTO ADOLFO LUTZ. "Determinações e Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz". 3 ed., São Paulo, 1985, v.1.

[8] GRIGELMO-MIGUEL, N.; IBARZ-RIBAS, A.; MARTÍN-BELLOSO, O. Rheology of peach dietary fibre suspensions. Food Engineering Journal, v. 39, n. 1, p. 91-99, 1999.

[9] BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução normativa nº 01, de 7 de janeiro de 2000. Aprova o Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade Gerais para polpa de frutas. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 10 de janeiro de 2000.

[10] KESHANI, S.; LUQMAN, A. C.; RUSSLY, A. R. Effect of temperature and concentration on rheological properties pomelo juice concentrates. International Food Research Journal, Selangor, v. 19, n. 2, p. 553-562, 2012.

[11] PELEGRINE, D. H.; GASPARETTO, C. A. Rheological behavior of pineapple and mango pulps. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie. Food Science and Technology, Berlin, v. 35, p. 645-648, 2002.

[12] SARAVACOS, G. D.; KOSTAROPOULOS, A. E. Transport properties in processing of fruits and vegetables. Food Technology, v.49, p.99-105, 1995.

[13] BEZERRA, J. R. M. V.; RIGO, M.; DEMCZUK Jr., B.; CÓRDOVA, K. R. V. Estudo do efeito da temperatura nas propriedades reológicas da polpa de morango (*Fragaria ananassa*). Revista Ambiência, Guarapuava, v. 5, n. 1, p. 37-47, 2009.

[14] RIGO, M.; BEZERRA, J. R. M. V.; CÓRDOVA, K. R. V.: Estudo do efeito da temperatura nas propriedades reológicas da polpa de butiá (*Butia eriospatha*). Revista Ambiência, Guarapuava, v.6, n. 1, p. 25-36, 2010.

Capítulo 12

Avaliação da influência dos parâmetros de secagem na análise de umidade por micro-ondas

Carina Faccio
Eduardo Huber
Tais Pohlmann
Marcelli Powzum Amorim
Cristiane Fagundes
Vanessa Biasi

Resumo: A secagem em estufa é o método oficial para análise do teor de umidade em alimentos, o qual se baseia na remoção da água por aquecimento a 105ºC. É um método lento que pode levar de 3 a 24 horas, dependendo do alimento. A secagem em forno de micro-ondas é um método novo que possui maior simplicidade e rapidez onde calor na amostra é distribuído uniformemente, tanto na superfície como internamente no alimento, facilitando a evaporação da água e evitando a formação de crosta na superfície, como é característico na secagem em estufa. Mais uma grande vantagem da secagem realizada em forno micro-ondas é que o poder da energia radiante e o tempo de secagem podem ser calibrados para os diferentes tipos e quantidades de amostras, o que não é possível na secagem realizada em estufa. Este trabalho teve como objetivo comparar dois métodos diferentes de análise de umidade, o realizado em estufa (metodologia oficial) e o através do forno micro-ondas. As amostras utilizadas nas análises foram salame tipo italiano e queijo muçarela produzidos no Instituto Federal Catarinense (IFC) – *Campus* Concórdia, além de óleo de soja e farinha de trigo adquiridas no comércio local da cidade de Concórdia, Santa Catarina - Brasil. A partir dos resultados obtidos foi realizada a análise estatística, a qual mostrou que existe diferença significativa entre as metodologias utilizadas, dependendo do alimento a ser analisado.

Palavras-Chave: umidade; micro-ondas; análise de alimentos.

1. INTRODUÇÃO

O percentual de umidade é uma das principais determinações analíticas com o propósito de verificar padrões de identidade e qualidade em alimentos, essa análise irá auxiliar na tomada de decisão em muitas etapas do processamento e desenvolvimento de um produto como na escolha da embalagem, modo de estocagem do produto, etc. (FURTADO, 2007).

Muitos dos processos de deterioração dos alimentos podem ser associados ao ganho ou perda de umidade. Variações descontroladas do teor de umidade podem causar alterações físicas e químicas no produto, alterar as características sensoriais, como sabor, cor e textura, e promover o crescimento microbiano. Para garantir a estabilidade de um produto, a umidade deve ser monitorada e controlada em todas as fases da vida do produto (ANVISA, 2018). Segundo o Instituto Adolfo Lutz a umidade representa a água contida no alimento, podendo ser classificada em umidade de superfície e umidade adsorvida. A umidade de superfície se refere à água livre ou presente na superfície externa do alimento, podendo ser facilmente evaporada. A umidade adsorvida é refere a água ligada encontrada no interior do alimento, sem combinar-se quimicamente com o mesmo. A umidade corresponde à perda de peso sofrida pelo produto quando aquecido sob condições nas quais ocorre a remoção da água, não somente a água é removida, mas também outras substâncias voláteis. O resíduo obtido no aquecimento direto é chamado de resíduo seco.

A secagem em forno de micro-ondas é um método novo e que apesar de não ser um método padrão possui vantagens por sua rapidez na análise e simplicidade. Segundo Kachani et al. (2018), a energia micro-ondas é uma radiação eletromagnética não ionizante que provoca o movimento das espécies em solução pela migração de íons e/ou por rotações de dipolo, causadas pelo elevado número de vezes em que o campo eletromagnético se alterna (em um forno de micro-ondas caseiro, por exemplo, isso ocorre 4.9×10^9 vezes por segundo). Devido a esse mecanismo de estresse induzido, ocorre o aquecimento, sendo que o mesmo não é produzido por uma fonte externa de aquecimento, mas sim pela interação entre as micro-ondas e as moléculas da amostra.

Fica claro que, para que haja aquecimento, é necessária a presença de moléculas polares e de íons em solução com microfrequências que variam entre 300 e 300.000 MHz. Destas, a frequência de 2.450 ± 13 MHz é a mais comum, sendo aquela usada nos fornos de micro-ondas caseiros. O forno de micro-ondas utiliza micro radiação - radiação de ondas curtas e de baixa frequência - para esquentar a comida. Ele faz com que as moléculas de água presentes nos alimentos vibrem, assim gerando calor, que se espalha em torno das moléculas dos alimentos, aquecendo-as e cozinhando-as (KOMAROF, 2015).

Em análises realizadas em micro-ondas alguns fatores precisam ser levados em conta e que variam de acordo com a composição de cada produto, são esses o comportamento das ondas eletromagnéticas em dielétricos, o modelo de espalhamento nas interfaces das amostras, e a relação entre a permissividade complexa e a umidade (SEVERO, 2016).

Este trabalho foi realizado com o propósito de comparar dois métodos diferentes para análise de umidade, o método realizado em estufa (metodologia oficial) e outro utilizando forno micro-ondas; e verificar se existe diferença nos resultados obtidos e com isso constatar a possibilidade da utilização de um método que proporcionaria mais agilidade nas análises.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS

Para a realização das análises de umidade, por ambos os métodos, foram utilizadas quatro amostras sendo elas: salame tipo italiano e queijo muçarela produzidos nas usinas-piloto do Centro de Ciência e Tecnologia de alimentos – CCTA do Instituto Federal Catarinense (IFC) - *Campus* Concórdia, os quais são para consumo no refeitório da instituição; a farinha de trigo e o óleo de soja adquiridos no comércio local da cidade de Concórdia, Santa Catarina - Brasil. Os alimentos foram escolhidos devido ao seu teor de umidade, sendo dois deles com uma quantidade maior de umidade (salame tipo italiano e queijo muçarela) e os outros dois com uma quantidade menor (óleo de soja e farinha de trigo). As análises foram realizadas no laboratório de Bromatologia do Instituto Federal Catarinense (IFC) - *Campus* Concórdia.

2.2 METODOLOGIA OFICIAL

As análises foram realizadas seguindo o procedimento descrito para metodologia oficial de análise de umidade do Instituto Adolfo Lutz (2008) em triplicata.

2.3 METODOLOGIA UTILIZANDO FORNO MICRO-ONDAS

Na determinação de umidade utilizando o forno de micro-ondas utilizou-se de um forno micro-ondas de uso doméstico, com capacidade de 30 L e 800 W de potência. Foram realizados testes preliminares com variação da quantidade de amostra, do tempo de análise e da vidraria (cadinho de porcelana e vidro de relógio); a potência foi mantida constante e máxima (100%). Como o uso de vidraria diferente não gerou diferença nos resultados, nos testes realizados utilizou-se somente o cadinho de porcelana. A partir destes resultados, foram selecionadas as variáveis a serem avaliadas, e com a utilização da ferramenta estatística delineamento com ponto central rotacional (DCCR) obteve-se onze ensaios, demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1: Planejamento fatorial 2^2 com pontos centrais e axiais.

Tempo de exposição (s)	Quantidade de amostra (g)
60	2
120	2
60	5
120	5
48	3,5
132	3,5
90	1,4
90	5,6
90	3,5
90	3,5
90	3,5

O percentual de umidade foi calculado utilizando a Equação 1, descrita abaixo:

$$Umidade\ (\%) = \frac{100 \times N}{P} \quad Eq.\ (1)$$

Onde:

N= número de gramas de umidade (perda de massa em gramas).

P= número de gramas de amostra.

2.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram avaliados por análise de variância (ANOVA) com fator único e nível de significância de 5% (P< 0,05), usando o *software STAT ACTION* (2004).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nas análises de umidade pelo método convencional e utilizando forno de micro-ondas serão discutidos nos tópicos a seguir para as quatro amostras analisadas.

3.1 ÓLEO DE SOJA

O óleo de soja possui em sua composição ácidos graxos insaturados que representam 85% do total de lipídios, e aproximadamente 60% destes são constituídos pelos ácidos graxos essenciais, como oleico e linolênico. Dentre os compostos minoritários do óleo de soja, estão os tocoferóis (JORGE, 2009).

O óleo de soja é o óleo vegetal mais utilizado, tanto diretamente como óleo de cozinha, quanto como matéria-prima na preparação de outros alimentos. Isso se deve ao seu baixo preço, com a grande industrialização deste grão e a sua qualidade nutricional (SEIBEL, 2018).

Durante o processo de refino de óleos comestíveis têm-se a preocupação de eliminar ao máximo a umidade adquirida em algumas fases do processo, com a finalidade de preservar as características do produto final por um longo período de tempo. A presença da umidade nos óleos e o calor favorecem a ativação de enzimas que hidrolisam rapidamente o óleo, produzindo um aumento considerável da acidez livre gerando um odor e sabor desagradável de ranço. Além destas condições também perdem componentes alimentícios valiosos como vitaminas e antioxidantes (TOFANINI, 2004).

A determinação da umidade e matéria volátil é um dos parâmetros legais e um dos mais importantes para a avaliação da qualidade de óleos e gorduras, já que a estabilidade está diretamente relacionada com a presença da água (VICARI, 2013).

Na Tabela 2 estão apresentados os valores obtidos pela análise de umidade utilizando o método convencional com as respectivas triplicatas e média.

Tabela 2: Percentual de umidade no óleo de soja utilizando o método convencional.

Umidade (%)	Média Umidade
0,374	0,519
0,881	
0,301	

Após a realização do planejamento experimental, a condição que mais se aproximou do resultado obtido pelo método oficial utilizando a secagem em forno micro-ondas foi o tempo de secagem de 60 segundos e 5 gramas de amostra, conforme mostrado na Tabela 3.

Tabela 3: Resultados do planejamento experimental para o óleo de soja.

Tempo de exposição (s)	Quantidade de amostra (g)	Umidade (%)
60	2	0,890
120	2	1,426
60	5	0,463
120	5	0,219
48	3,5	0,262
132	3,5	0,202
90	1,4	0,719
90	5,6	0,148
90	3,5	0,259
90	3,5	0,353
90	3,5	0,314

A legislação vigente que determina as características físico-químicas para a caracterização do óleo de soja é a RDC nº 270, de 22 de setembro de 2005 (ANVISA, 2005), onde consta que os valores de umidade devem ser inferiores a 0,1%.

Os resultados obtidos para análise de umidade pelas duas metodologias estão fora do padrão estabelecido, isso ocorreu, pois, o óleo de soja utilizado nas análises estava fora do limite estabelecido para sua vida de prateleira e por isso, houve aumento de sua acidez livre e liberação de compostos que aumentaram a umidade característica do produto. Barros et. al. (2013), obteve valores de umidade para o óleo de soja que variaram de 0,19 a 0,29%. Ribeiro (2016), obteve valores de umidade para o óleo de soja que variaram de 0,03 a 0,07%.

3.1.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A Tabela 4 apresenta os valores encontrados utilizando a análise estatística, comparando a metodologia oficial com a do forno micro-ondas, para óleo de soja.

Tabela 4: Análise estatística ANOVA para a amostra de óleo de soja.

Fonte da variação	SQ	GL	QM	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,003976	1	0,003976	0,027822	0,870306	4,7472253
Dentro dos grupos	1,714971	12	0,142914			
Total	1,718947	13				

Podemos observar que como o valor de *p* foi maior que 0,05 não há diferença significativa entre os dois métodos, com um intervalo de confiança de 95%, o que indica que, para este produto a análise realizada em micro-ondas pode ser utilizada sem que ocorram diferenças, resultando em uma análise muito mais rápida e prática.

3.2 FARINHA DE TRIGO

Sabe-se que a qualidade final de um produto à base de trigo está associada a sua principal matéria-prima, a farinha. De acordo com a Instrução Normativa nº8 que regulamenta o padrão de identidade e qualidade para a farinha de trigo (BRASIL, 2005), entende-se por farinha de trigo o produto obtido a partir da espécie *Triticum seativan* ou de outras espécies do gênero *Triticum* reconhecidas, através do processo de moagem do grão de trigo beneficiado (BRASIL, 2005).

O teor de umidade de farinhas deve ser firmemente controlado, pois este parâmetro é um dos principais fatores de aceleração de reações químicas nestes alimentos, provocando alterações nas suas características nutricionais, organolépticas e tecnológicas. Teores de umidade abaixo do limite máximo permitido normalmente asseguram a conservação da qualidade das farinhas durante a estocagem comercial (FARONI et al., 2007).

A Tabela 5 apresenta os valores obtidos de umidade para a farinha de trigo pelo método oficial com as três repetições e média.

Tabela 5: Percentual de umidade na farinha de trigo pelo método oficial.

Umidade (%)	Média Umidade
11,765	11,812
11,752	
11,920	

Através da realização do planejamento experimental, a condição que mais se aproximou do resultado obtido pelo método oficial foi tempo de secagem de 90 segundos e 3,5 gramas de amostra, conforme exposto na Tabela 6.

Tabela 6: Resultados do planejamento experimental para a farinha de trigo.

Tempo de exposição (s)	Quantidade de amostra (g)	Umidade
60	2	8,388
120	2	11,040
60	5	10,069
120	5	11,072
48	3,5	5,540
132	3,5	11,128
90	1,4	9,996
90	5,6	13,011
90	3,5	11,540
90	3,5	11,266
90	3,5	10,562

3.2.1 LEGISLAÇÃO

A legislação vigente que determina as características físico-químicas para a farinha de trigo é a Instrução Normativa nº 8, de 2 de junho de 2005 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2005), que estabelece um teor máximo de umidade de 15%. Os valores obtidos para o percentual de umidade estão em acordo com o limite estabelecido pela legislação vigente.

Macedo et. al. (2017), realizaram a caracterização físico-química das farinhas de trigo utilizadas nas panificadoras do município de paraíso do Tocantins e obtiveram valores de umidade que variaram de 11,73 a 12,74%, valores estes próximos ao encontrado nas análises deste estudo.

Costa et. al. (2008), compararam a qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importados, obtendo valores entre 13,1 e 15% de umidade, sendo que neste parâmetro não houve diferença significativa entre as farinhas.

Dias et al. (2014) analisou as principais características físico-químicas de diferentes marcas farinhas de trigo comercializadas no município do Rio de Janeiro, dentre as análises estava a umidade. Os autores obtiveram valores de 11,6%; 12,1% e 12,7%, para as marcas I, II e III analisadas, valores semelhantes ao deste estudo.

3.2.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Na Tabela 7 estão apresentados os valores encontrados pela análise de ANOVA, comparando a metodologia oficial com aquela realizada em forno micro-ondas, para a farinha de trigo, como o valor de *p* encontrado é maior que 0,05 não há diferença significativa entre os dois métodos, com um intervalo de confiança de 95%. Indicando que para este produto, a análise realizada em micro-ondas pode ser utilizada sem que ocorram diferenças nos resultados obtidos e reduzindo tempo de análise.

Tabela 7: Análise estatística ANOVA para a amostra de farinha de trigo.

Fonte da variação	SQ	GL	QM	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	5,191114	1	5,191114	1,631324	0,225679	4,747225
Dentro dos grupos	38,18577	12	3,182148			
Total	43,37689	13				

3.3 QUEIJO MUÇARELA

A partir do leite pasteurizado é produzido o queijo, sendo um produto fresco que pode ser consumido logo após sua produção ou após processo de maturação, durante o qual sofre diferentes transformações, sejam elas físicas ou bioquímicas (RIISPOA, 2017).

O queijo se forma com a coagulação do leite pela adição de coalhos, enzimas coagulantes ou pelo ácido lático produzido por determinados microrganismos ou adicionados intencionalmente, dessora-se a coalhada por corte ou prensagem, forma-se os moldes e, em seguida ocorre a maturação durante determinado tempo com temperatura e umidade relativas determinadas (ORDÓÑEZ, 2005).

Segundo a legislação, o queijo Muçarela é definido como o queijo que se obtém por filagem de uma massa acidificada (produto intermediário obtido por coagulação de leite por meio de coalho e/ou outras enzimas coagulantes apropriadas) complementada ou não pela ação de bactérias lácticas específicas, sendo um queijo de média (36 a 45,9%), alta (46 a 54,9%) ou muito alta (não inferior a 55%) umidade (BRASIL, 1997). Os queijos podem ser classificados de acordo com seu teor de água presente, assim, determinam-se como queijos de baixa umidade aqueles possuem até 35,9% de água total, os de média umidade encontram-se entre 36,0 – 45,9%, os de alta, entre 46,0 –54,9%, e os de umidade muito alta aqueles que seguem acima de 55,0% (LEMOS et al., 2019)

É um produto rico em cálcio (140 mg/30 g) e também apresenta na sua composição minerais, como fósforo e potássio e vitaminas lipossolúveis, A e D e do complexo B, representando um alimento de alto valor nutricional (MINICHINI, 2002). O teor de proteína pode variar dependendo do tipo de queijo. No queijo predominam a caseína, incluindo a α-caseína, β-caseína e k-caseína, e os carboidratos são reduzidos (PINHO; FERREIRA, 2006).

Na Tabela 8 estão apresentados os valores obtidos para umidade do queijo muçarela pelo método oficial, com três repetições e média.

Tabela 8: Percentual de umidade no queijo muçarela pelo método oficial.

Umidade (%)	Média umidade
23,598	19,250
18,445	
15,708	

Através do planejamento experimental, a condição que mais se aproximou do resultado obtido pelo método oficial foi tempo de secagem de 48 segundos e 3,5 gramas de amostra, demonstrado na Tabela 9.

Tabela 9: Resultados do planejamento experimental para o queijo muçarela.

Tempo de exposição (s)	Quantidade de amostra (g)	Umidade (%)
60	2	46,077
120	2	43,345
60	5	41,580
120	5	41,647
48	3,5	39,167
132	3,5	48,086
90	1,4	49,661
90	5,6	45,668
90	3,5	44,734
90	3,5	47,477
90	3,5	45,797

3.3.1 LEGISLAÇÃO

A legislação vigente que determina as características físico-químicas para o queijo muçarela é a Portaria do MAPA nº 364, de 04 de setembro de 1996, estabelecendo um percentual máximo de umidade de 60%. Apesar de haver diferença significativa entre as duas metodologias, os valores encontrados estão dentro do limite estabelecido pela legislação, indicando a possibilidade de uso da nova metodologia realizando alguns ajustes.

Vieira (2010), analisou as características físico-químicas e sensoriais de queijos muçarela elaborados a partir de leites com diferentes contagens de células somáticas, obteve valores médios de umidade variando entre 52,2% e 53,3%, de acordo com o período de armazenamento.

Lemos et al (2019), encontraram em seu trabalho valores variando entre 41 e 45% de umidade para queijos muçarela comercializados em mercados de sua região, o semi-árido nordestino.

Silva et al. (2019), estudaram o comportamento de queijos ao longo do tempo de armazenamento e obtiveram valores de umidade variando de 47,03 a 47,24 g/100 g, sendo assim classificado como queijo de alta umidade (46 – 54,9%) conforme o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade dos Queijos (BRASIL, 1996) e também em consonância com os valores encontrados neste estudo. Os autores ainda observaram que conforme o tempo de armazenamentos o queijo muçarela possui um aumento em seu teor de umidade, mas que não se mostrou significativo ao longo dos 60 dias de análise.

3.3.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Na Tabela 10 estão apresentados os valores encontrados pela análise ANOVA, comparando a metodologia oficial com a realizada em forno micro-ondas para o queijo muçarela, o valor de *p* é menor que 0,05 indicando que há diferença significativa entre os dois métodos, com um intervalo de confiança de 95%. Isso demonstra que para este produto a metodologia testada em micro-ondas necessita de novos estudos.

Tabela 10: Análise estatística ANOVA para a amostra de queijo muçarela.

Fonte da variação	SQ	GL	QM	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	1543,519	1	1543,519	141,1565	5,4E-08	4,747225
Dentro dos grupos	131,2177	12	10,9348			
Total	1674,737	13				

3.3 SALAME TIPO ITALIANO

O salame, tradicional produto cárneo fermentado, teve a sua fabricação iniciada em nosso país, com a imigração italiana. A produção de salames no Brasil compõe uma fatia significativa do mercado de produtos cárneos (TERRA, 2004).

Segundo a legislação, salame tipo Italiano é o produto cárneo industrializado, elaborado de carnes suínas ou suínas e bovinas, toucinho, adicionado de ingredientes, moídos em granulometria média entre 6 e 9 mm, embutido em envoltórios naturais ou artificiais, curado, defumado ou não, fermentado, maturado e dessecado (BRASIL, 2000).

A qualidade de salames é avaliada em função dos teores de umidade, gordura, carboidratos totais, atividade de água e proteína. A umidade é um fator que deve ser controlado para que as características organolépticas do produto se mantenham por maior tempo e para evitar o desenvolvimento de micro-organismos deteriorantes (THOMÉ, 2014).

Na Tabela 11 estão apresentados os valores obtidos de umidade para o salame tipo italiano pelo método oficial, com três repetições e a média.

Tabela 11: Percentual de umidade no salame tipo italiano pelo método oficial.

Umidade (%)	Média umidade
30,308	
26,032	28,832
30,158	

Através do planejamento experimental, a condição que mais se aproximou em forno micro-ondas do resultado obtido pelo método oficial foi tempo de secagem de 90 segundos e 1,4 gramas de amostra, demonstrado na Tabela 12.

Tabela 12: Resultados do planejamento experimental para o salame tipo italiano.

Tempo de exposição (s)	Quantidade de amostra (g)	Umidade (%)
60	2	35,031
120	2	34,603
60	5	33,852
120	5	34,616
48	3,5	31,586
132	3,5	33,733
90	1,4	30,689
90	5,6	32,271
90	3,5	36,611
90	3,5	33,144
90	3,5	34,504

A legislação vigente que determina as características físico-químicas para o salame tipo Italiano é a Instrução Normativa nº 22 do MAPA, de 31 de julho de 2000 (BRASIL, 2000), estabelecendo o valor de 35% como máximo de umidade permitida. Como ocorreu com a análise de queijo muçarela, para o salame tipo Italiano houve diferenças significativas entre as duas metodologias, porém os resultados encontrados estão de acordo com os limites estabelecidos pela legislação vigente.

Scheid (2001), encontrou valores entre 23,4 a 37,5% de umidade no salame tipo Italiano ao final de 25 dias de embutimento, valores em acordo com os encontrados nas análises.

Thomé (2014), encontrou valores entre 29,92 a 38,97% de umidade no salame tipo Italiano valores também em acordo com os encontrados nas análises.

Cichoski, Zis e Franceschetto (2009), elaboraram um salame tipo italiano, substituindo parcialmente o cloreto de sódio por solução de lactato de potássio a 60%. Os salames pertencentes ao Teste 2, entre o 14º e 21º dia de processamento, e os pertencentes ao Padrão, entre o 21º e 30º dia, apresentaram em sua superfície valores de umidade inferiores a 35%.

Caccioppoli et al. (2006) avaliaram mostras de seis lotes de sete marcas de salames tipo italiano quanto a aminas bioativas e características físico-químicas de qualidade e observaram que apenas 29% atenderam ao limite máximo para o teor de umidade estipulado pela Instrução Normativa nº 22.

Deduch (2018) realizou análises de qualidade para três formulações de salame tipo italianinho e obteve valores de 29,51 ±1,03, 33,16 ±0,36, 29,45 ±1,14 e 29,81 ±0,78, respectivamente para as análises de umidade em estufa das amostras demonstrando que os valores deste estudo estão em consonância com os encontrados pela autora.

3.3.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A Tabela 13 apresenta os valores encontrados pela análise ANOVA, comparando a metodologia oficial com aquela realizada em forno micro-ondas para o salame tipo Italiano, o valor de *p* encontrado foi menor que 0,05 indicando que há diferença significativa entre os dois métodos, com um intervalo de confiança de 95%. Isso demonstra que para este produto a metodologia através do forno micro-ondas necessita de novos estudos, porém a análise ainda consegue adequar-se à umidade prevista em legislação.

Tabela 13: Análise estatística ANOVA para a amostra de salame tipo italiano.

Fonte da variação	SQ	GL	QM	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	55,72493	1	55,72493	16,62345	0,001534	4,747225
Dentro dos grupos	40,22627	12	3,352189			
Total	95,9512	13				

4. CONCLUSÃO

Através do presente estudo pode-se concluir que é necessária a realização de mais testes e estudos em relação à análise de umidade com forno micro-ondas para amostras de alimentos que possuem um percentual de umidade mais elevado, como é o caso do queijo muçarela e salame tipo italiano. Isso porque ocorreram diferenças significativas em relação ao método oficial.

Porém ao analisar os parâmetros exigidos pela legislação vigente observou-se que a única amostra que teve valores fora dos limites estabelecidos foi do óleo de soja, que estava em condições inadequadas. O que indica que após alguns ajustes a metodologia com forno de micro-ondas pode ser utilizada de forma mais rápida e eficiente para controle de qualidade de alimentos quando se necessita de um valor quantitativo rápido.

Um ponto extremamente relevante é a redução do tempo de análise, sendo assim, a secagem em micro-ondas é bastante promissora, principalmente pelos resultados obtidos neste estudo devendo ainda ser uma técnica explora para estudos futuros na área de ciência e tecnologia de alimentos.

REFERÊNCIAS

[1] AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução nº 270, de 22 de setembro de 2005. Brasília, DF, 22 set. 2005.

[2] AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Guia para determinação de prazos de validade de alimentos. 2018.

[3] BARROS, E.; MEDEIROS, J. F.; PEREIRA, N.C. Análise das propriedades físico-químicas do óleo de soja degomado visando a produção de biodiesel. Universidade Estadual de Maringá, Maringá – Paraná, 2013.

[4] BRASIL. Portaria nº 364, de 4 de Setembro de 1996. Regulamento técnico de identidade e qualidade de queijo Muçarela. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 4, set, 1996.

[5] BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 22, de 31 de julho de 2000. Regulamento Técnicos de Identidade e Qualidade de Copa, de Jerked Beef, de Presunto tipo Parma, de Presunto Cru, de Salame, de Salaminho, de Salaminho tipo Alemão, de Salame tipo Calabrês, de Salame tipo Friolano, de Salame tipo Napolitano, de Salame tipo Hamburguês, de Salame tipo Italiano, de Salame tipo Milano, de Linguiça Colonial e Pepperoni. Diário Oficial da União. Poder Executivo, Brasília, DF, de 03. ago. 2000.

[6] BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 8, de 02 de junho de 2005. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Farinha de Trigo. Diário Oficial da União. Poder Executivo, Brasília, DF, de 03. jun. 2005.

[7] BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA). Brasília, 2017.

[8] CICHOSKI, Alexandre José; ZIS, Luciana Cristina; FRANCESCHETTO, Carla. Características físico-químicas e microbiológicas da superfície do salame tipo italiano contendo solução de lactato de potássio. Ciência e Tecnologia de Alimentos, [S.L.], v. 29, n. 3, p. 546-552, set. 2009. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s0101-20612009000300015.

[9] COSTA, M. das G. da C.; et al. Qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importados. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, p. 220-225, mar. 2008.

[10] DEDUCH, Gabriella. Desenvolvimento e avaliação físico-química do salame tipo italianinho com substituição parcial de cloreto de sódio. 2018. 40 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2018.

[11] DIAS, Claudia Monteiro et al. Análise físico-química de farinha de trigo tradicional. Nutrição Brasil, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 16-19, 15 ago. 2014.

[12] FARONI, L. R. D. et al. Qualidade da farinha obtida de grãos de trigo fumigados com dióxido de carbono e fosfina. Rev. Bras. Eng. Agric. Amb., Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 115-119, 2007.

[13] FURTADO, M.A.M.; FERRAZ, F.O. Determinação de umidade em alimentos por intermédio de secagem em estufa convencional e radiação infravermelha – estudo comparativo em alimentos com diferentes teores de umidade. Faculdade de Farmácia e Bioquímica – Departamento de Alimentos e Toxicologia - UFJF – Juiz de Fora, MG, Brasil. 2007.

[14] INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos/coordenadores: Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea - São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

[15] JORGE, N. Química e Tecnologia de Óleos Vegetais. Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2009. p. 83-98.

[16] KACHANI, Adriana et al. Processamento caseiro de congelamento e descongelamento por microondas e sua relação com o conteúdo de vitaminas e minerais (revisando o uso de microondas e congelamento). International Journal Of Nutrology, [S.L.], v. 11, n. 03, p. 108-111, dez. 2018. Zotarelli-Filho Scientific Works. http://dx.doi.org/10.1055/s-0039-1678690.

[17] KOMAROFF, Al.. Ask the doctor: microwave's impact on food. 2015. Disponível em: https://www.health.harvard.edu/staying-healthy/ask-the-doctor-microwaves-impact-on-food. Acesso em: 12 jul. 2022.

[18] LEMOS, Jeliel Fernandes et al. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE QUEIJO MUÇARELA COMERCIALIZADO EM SUPERMERCADOS. In: I CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE E SOCIEDADE (CONIMAS), 1., 2019.

[19] MACEDO, I. dos S.; et. al. Caracterização físico-química das farinhas de trigo utilizadas nas panificadoras do município de Paraíso do Tocantins –TO. Instituto Federal do Tocantins, 2017.

[20] MINICHINI, V. L'eternità del pane: picolla storia dell''alimento più antico. Napoli, Tulio Pironti Editore, 2002, p. 41.

[21] ORDÓÑEZ, J.; RODRIGUEZ, M.; ÁLVAREZ, L.; SANZ, M.; MINGUILLON, G.; PERALES, L.; CORTECERO M. Tecnologia de alimentos: Alimentos de origem animal. V. 2, Porto Alegre: Artmed, 2005.

[22] PINHO, O., FERREIRA, I. M. P. L. V. O. Queijo, um alimento para todas as idades. Entre o queijo tradicional e os novos alimentos funcionais. Leite I + D + T, nº 1, jun. 2006.

[23] RIBEIRO, P. Análises físico-químicas de óleo de soja refinado comercializado em Ponta Grossa – Paraná. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2016.

[24] SEIBEL, N. F. Óleo de soja. In: _____. SOJA: cultivo, benefícios e processamento. Curitiba: CRV, 2018, p. 119-145.

[25] SILVA, Thamara Evangelista et al. Estudo do comportamento de queijo Mussarela durante armazenamento refrigerado. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, [S.L.], v. 74, n. 2, p. 135-148, 18 jun. 2019. Lepidus Tecnologia. http://dx.doi.org/10.14295/2238-6416.v74i2.754.

[26] SEVERO, S. L S.; Aquametria por micro-ondas. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2016.

[27] TOFANIN, Aldo José. Controle de qualidade de óleos comestíveis. 2004. 40 f. TCC (Graduação) - Curso de Graduação de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

[28] THOMÉ, B. R. et. al. Avaliação físico-química e microbiológica de salame tipo italiano. Universidade do Estado de Santa Catarina. Florianópolis.2014.

[29] TERRA, A. B. de M.; FRIES, L. M. L.; TERRA, N. N. Particularidades na fabricação de salame. Editora Varela Ltda. São Paulo, 2004.

[30] VICARI, J. da S. O. Qualidade de óleo de soja refinado embalado em PET (Polietileno Tereftalato) armazenado na presença e ausência de luz. Universidade Católica Dom Bosco. Campo Grande, Mato Grosso do Sul. Fevereiro – 2013.

[31] VIEIRA, V. F. Características físico-químicas e sensoriais de queijos muçarela elaborados a partir de leites com diferentes contagens de células somáticas. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga, BA. 2010.

Capítulo 13

Linguiça toscana com adição de pimenta-rosa e redução de sódio[1]

Aline Finatto Alves
Caroline dos Santos Giuliani
Dejanir Pissinin
Suzane Bevilacqua Marcuzzo
Vanessa Pires da Rosa
Andréia Cirolini

Resumo: A busca por alimentos mais saudáveis que contemple as necessidades nutricionais está em crescimento e agregar valor nutricional nesses produtos é fundamental. O uso de condimentos naturais e especiarias têm mostrado bons resultados, pois possuem atividade antimicrobiana e antioxidante. Sendo assim, o trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de linguiça toscana com adição pimenta-rosa (*Schinus terebinthifolius*) e redução de sódio. Foram elaborados três tratamentos com diferentes concentrações de pimenta-rosa e redução de sódio, posteriormente foram realizadas avaliação sensorial e intenção de compra. Através dos resultados da análise sensorial pode-se observar que todos os tratamentos tiveram boa aceitabilidade e não apresentaram diferença significativa nos atributos avaliados. Em relação à intenção de compra, todos os tratamentos obtiveram bons resultados, porém o tratamento com menor teor de pimenta rosa apresentou melhor intenção de compra. Conclui-se que há viabilidade para produção e comercialização de linguiças com pimenta rosa e teor reduzido de sódio.

Palavras-chave: Linguiça, *Schinus terebinthifolius,* Sensorial, Sódio.

[1] Trabalho de Pesquisa - UFSM

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, as linguiças constituem os derivados cárneos mais fabricados, devido sua elaboração utilizar poucos e baratos equipamentos e não exigir tecnologia sofisticada (CARDOSO, 2014).

Conforme o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), entende-se por Linguiça o produto industrializado, obtido de carnes de animais de açougue, adicionados ou não de tecidos adiposos, ingredientes, embutido em envoltório natural ou artificial, e submetido ao processo de fabricação: em produtos frescos, produtos secos, curados e/ou maturado, produtos cozidos e outros (BRASIL, 2003). Linguiça toscana é o produto cru obtido exclusivamente de carnes suína, adicionada de gordura suína e ingredientes, como especiarias, aditivos e condimentos (BRASIL, 2000).

As carnes são alimentos perecíveis e em função das condições de armazenamento apresentam vida de prateleira variável (OLIVEIRA et al., 2005).

A fabricação de embutidos proporciona um aumento da vida de prateleira das carnes e diversifica a oferta de derivados (TERRA et al., 2004).

De acordo com Terra et al. (2004), os condimentos e especiarias possuem atividade antimicrobiana e antioxidante, mostrando-se como bons conservantes naturais. Diversos condimentos e extratos são efetivos em produtos cárneos. Alecrim, orégano, sálvia, cravo-da-índia e as diferentes pimentas são alguns condimentos que possuem propriedades antioxidantes significativas em produtos alimentícios.

A aroeira (*Schinus terebinthifolius*) é uma espécie pioneira e nativa do Brasil, pertencente à família Anacardiaceae, sendo popularmente conhecida como aroeira- vermelha, aroeira-pimenteira, aroeira-mansa, fruto-de-sabiá, pimenta brasileira, dentre outros nomes populares, e isto ocorre devido ao seu fruto possuir uma aparência de uma pequena pimenta com coloração rosada, chamada de pimenta- rosa ou “pink-pepper” (BAGGIO, 1988).

Caracteriza-se como uma arvoreta de até 15 metros de altura e apresenta como características botânicas ramos eretos ou apoiantes, flexíveis quando novos, pubescentes a vilosos ou glabros; folhas compostas imparipinadas, glabras, pubescentes ou vilosas; folíolos elípticos ou oblongos, quase oblanceolados, ápice agudo, acuminado; panículas compostas, densas ou glabras; drupa levemente achatada na parte distal, epicarpo vermelho-vivo a purpúreo ou rosa-forte (FLEIG & KLEIN, 1989).

As flores são pentâmeras, actinomorfas, pequenas, dialissépalas e dialipétalas, dispostas em inflorescências compostas do tipo panícula racemosa. Apresentam cinco sépalas pequenas e verdes, de formato triangular, e cinco pétalas pequenas, brancas e ovais e disco nectarífero de cor amarelo-ouro. Possuem dez estames heterodinamos, dispostos em duas fileiras concêntricas. As anteras são basifixas e apresentam deiscência longitudinal. O tecido que forma a teca e branco e o pólen e amarelo (LENZI & ORTH, 2004b; CESARIO & GAGLIANONE, 2008).

Estudos sobre a morfologia e biologia floral demonstraram a existência de um padrão diferenciado das flores, em função da redução ou aborto do gineceu e do androceu (OLIVEIRA & GROTA, 1965; FLEIG, 1987; FLEIG & KLEIN, 1989; LENZI & ORTH, 2004b). As flores masculinas possuem estames com anteras dorsifixas de cor amarela e gineceu rudimentar, sem ovulo funcional no interior do ovário enquanto as flores femininas apresentam gineceu com estigma trilobado e quase séssil, ovário supero, unilocular, com um único ovulo, androceu não funcional apresentando estames reduzidos com suas anteras indeiscentes, esbranquiçadas e sem produção de pólen. As inflorescências masculinas são de tamanho maior, mas em número são semelhantes para ambos os sexos. O número médio de flores por inflorescência e maior para as plantas masculinas, apresentando uma proporção de flores femininas: masculinas de 1:4 (LENZI & ORTH, 2004b).

Esta planta possui muitas potencialidades medicinais e fitoquímicas, auxiliando no tratamento de diversas enfermidades. Diversas substâncias presentes no extrato da aroeira-pimenteira apresentam atividade antimicrobiana, como a terebinthona, o ácido hidroximasticadienoico, o ácido terebinthifolico e o ácido ursolico (AMORIM & SANTOS, 2003). A pesquisa já demonstrou, *in vitro*, atividade contra *Klebsiella pneumoniae*, *Alcaligenes faecalis, Pseudomonas aeruginosa, Leucomostoc cremoris, Enterobacter aerogenes, Proteus vulgaris, Clostridium sporogenes, Acinetobacter calcoacetica, Escherichia coli, Beneckea natriengens, Citrobacter freundii, Serratia marcescens, Bacillus subtilis, Staphylococcus aureus* e várias especies de fungos (*Aspergillus*) (GUERRA *et al*., 2000; MARTINEZ *et al.*, 1996; SOKMEN *et al.*, 2004).

Múltiplos mecanismos de ação têm sido descrito para *Schinus terebinthifolius*, demonstrando-se atividade anti-inflamatoria não esteroide pela inibição competitiva específica da fosfolipase A2 por dois de seus componentes o schinol e o ácido masticadienoico (AMORIM & SANTOS, 2003). Os bioflavonoides, que são

dímeros precursores dos taninos, componentes presentes nos extratos da aroeira, também apresentam ação anti-inflamatória (MARTINEZ *et al.*, 1996).

No entanto, atualmente o consumo da pimenta-rosa como um condimento alimentar vem se destacando no mercado interno e externo (GUERRA et al.,2000; AMORIM & SANTOS, 2003). A pimenta rosa tem sido utilizada como substituta da pimenta-do-reino na região do cerrado de Minas Gerais (LACA-BUENDIA *et al.*, 1992). Segundo esses autores, através das análises químicas dos frutos dessas espécies, foi constatada grande similaridade entre seus componentes químicos. A pimenta rosa vem sendo utilizada nas mais exigentes culinárias do mundo (BERTOLDI, 2006) para temperar carnes brancas, salames e massas e conferir sabores exóticos a bebidas e doces, como coquetéis e chocolates.

Bertoldi (2006) constatou elevada aceitabilidade da pimenta rosa na utilização deste condimento tanto em salmão como em chocolate. Introduzida na cozinha francesa com o nome de "poivre rose", "pepe rosa" na italiana, "pimienta rosa" na espanhola e "blassroter pfeffer" na alemã e "pink pepper" ou "brazilian pink peppercorn" na americana, a aroeira-pimenteira vem sendo amplamente utilizada e apreciada na culinária internacional. O seu sabor suave, levemente apimentado e a sua bonita aparência de uso decorativo permitem utilizá-la na forma de grãos inteiros ou moída.

A produção industrial de pimenta rosa no Brasil está regulamentada pela resolução RDC no 276, de 22 de setembro de 2005, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), onde foi aprovado o "Regulamento Técnico para Especiarias, Temperos e Molhos".

O preço dos alimentos deixou de ser a principal preocupação para os consumidores, pois estes estão mais preocupados com a qualidade, com as características nutricionais e benefícios adicionais (LIMA, 2010).

Pensando nisso e considerando o grande consumo de sal pela população brasileira, este trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de uma linguiça toscana com adição de pimenta-rosa e redução de sódio.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. PREPARO DAS FORMULAÇÕES

Todos os ingredientes utilizados na elaboração da linguiça toscana foram adquiridos em comércios locais de Santa Maria/RS. A formulação da linguiça ocorreu no Setor de Processamento de Carnes do Colégio Politécnico da UFSM. A massa base para elaboração das linguiças foi preparada de acordo com a seguinte formulação: 94% carne suína, 2,8% água, 1,4% sal de cozinha, 0,4% cura comercial, 0,5% antioxidante comercial, 0,2% polifosfato, 0,3% açúcar e 0,3% alho em pó. Após, a massa foi dividida em 3 partes iguais, compondo os seguintes tratamentos: T1 com 0,1% (quatro gramas) de pimenta-rosa, T2 com 0,2% (seis gramas) de pimenta-rosa e T3 com 0,3% (oito gramas) de pimenta-rosa (Figura 1). A redução de sódio foi de 25% na massa antes da divisão por tratamento.

Figura 1- Tratamentos com diferentes percentuais de pimenta-rosa em massa de linguiça

Primeiramente, moeu-se a carne e o toucinho resfriado (0 a 4º) em disco 5 mm, realizou-se a pesagem da matéria prima para calcular a quantidade dos aditivos da formulação. A carne foi então condicionada no misturador onde foram adicionados os demais ingredientes onde se misturou até formar uma massa

homogênea. A massa foi colocada em uma caixa plástica e deixada sob refrigeração por 12 horas, posteriormente, embutiu-se em tripa suína (calibre 25 - 28mm). Por último, embalou-se em porções sendo armazenada sob refrigeração.

Após o processamento do produto, foi realizada uma análise sensorial e intenção de compra com os alunos do Colégio Politécnico da UFSM.

2.2. ANÁLISE SENSORIAL

Foi realizada a análise sensorial com 30 avaliadores não treinados. O teste sensorial aplicado foi de uma Escala Hedônica de 9 pontos (1 = desgostei muitíssimo a 9 = gostei muitíssimo). As amostras foram servidas em copos plásticos codificados com números aleatórios de três dígitos e submetidas à avaliação sensorial dos atributos cor, aparência, odor, textura e sabor, juntamente com um teste de intenção de compra com escala de 5 pontos (1 = certamente não compraria e 5 = certamente compraria) (DUTCOSKY, 2011). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ao nível de 5% de significância, utilizando o programa estatístico SASM - Agri® versão 4.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do teste de aceitação e de intenção de compra estão descritos conforme a Tabela 1, com as médias das notas conferidas pelos julgadores a cada atributo avaliado.

Tabela 1 – Médias dos atributos sensoriais e intenção de compra da linguiça toscana com adição de pimenta-rosa e redução de sódio

Tratamento	Cor	Aparência	Odor	Textura	Sabor	Intenção de Compra
T1	7,3^{a}	7,3^{a}	7,2^{a}	6,7^{a}	6,6^{a}	3,7^{a}
T2	7,4^{a}	7,3^{a}	6,6^{a}	6,9^{a}	6,03^{a}	2,9^{b}
T3	7,3^{a}	7,1^{a}	6,8^{a}	6,4^{a}	6,1^{a}	3,1^{b}

T1: 0,1% de pimenta-rosa, T2: 0,2% de pimenta-rosa e T3: 0,3% de pimenta-rosa. Dados seguidos de mesma letra na coluna não diferem entre si estatisticamente ao nível de 5% de significância.

Observa-se na Tabela 1 que não houve diferença significativa ao nível de 5% entre os tratamentos em todos os atributos avaliados. Todas as médias foram acima de 6,0 correspondendo aos termos hedônicos “gostei ligeiramente a gostei regularmente”.

Bertoldi (2006), ao avaliar sensorialmente a aceitação de salmão adicionado de pimenta rosa moída, também obteve resultados satisfatórios, as médias apresentadas foram superiores a 8, entre os termos hedônicos “gostei muito” e “gostei extremamente”. Concluindo que houve um aumento da aceitabilidade do salmão,pois as médias para o salmão sem adição de pimenta rosa foram menores, correspondendo aos termos hedônicos “gostei moderadamente” e “gostei muito”.

Valle (2015) avaliou a adição de extrato aquoso de aroeira em bifes bovinos, e conclui que a adição do extrato aumentou o sabor apimentado dos bifes sob refrigeração, mas não afetou a aceitação do produto.

Em relação à intenção de compra da linguiça toscana com adição de pimenta rosa e redução de sódio não houve diferença estatística entre os tratamentos T2 e T3 que apresentaram médias que corresponde ao termo “talvez comprasse/talvez não comprasse”. Porém, o tratamento T1, com menor quantidade de pimenta rosa adicionado, apresentou diferença significativa em relação aos outros dois tratamentos, apresentando média que corresponde ao termo da escala hedônica “provavelmente compraria”.

Ribeiro (2015) ao avaliar sensorialmente queijo minas frescal com adição de óleo de pimenta rosa microencapsulado, obteve uma boa aceitação sensorial do produto. As médias dos atributos apresentaram-se acima de 7, referente ao termo hedônico “gostei moderadamente”. Quanto à intenção de compra as médias ficaram entre os termos hedônicos “possivelmente compraria” e “certamente compraria”, mostrando boa aprovação pelos julgadores.

4. CONCLUSÃO

Concluímos através dos resultados, que as linguiças adicionadas com diferentes concentrações de pimenta-rosa e redução de sódio tiveram uma boa aceitação sensorial e intenção de compra, com destaque para o tratamento com 0,1% de pimenta rosa, podendo ser uma alternativa a ser produzida e comercializada.

REFERÊNCIAS

[1] AMORIM, M. M. R. de; SANTOS, L. C. Tratamento da vaginose bacteriana com gel vaginal de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi): ensaio clínico randomizado. Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia, v. 25, n. 2, p. 95-102, 2003.

[2] BAGGIO, A. J. Aroeira como potencial para usos múltiplos na propriedade rural. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 17, p. 25-32, 1988.

[3] BERTOLDI, M. C. Atividade antioxidante "in vitro" da fração fenólica das oleorresinas e do óleo essencial de pimenta rosa (Schinus terebinthifolius Raddi). Dissertação [Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos] – Universidade Federal de Viçosa, 2006.

[4] BRASIL, MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). Instrução Normativa nº 4 de 31 de março de 2000. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Linguiça. Publicação em 05 abril de 2000.

[5] BRASIL, MAPA (Ministério da agricultura, pecuária e do abastecimento). Instrução normativa n° 62. Publicação em 26 de agosto de 2003.

[6] CARDOSO, C. S. Linguiça tipo toscana sabor limão com teor de sódio reduzido. Trabalho de Conclusão de curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2014.

[7] CA RVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasilia, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1039p. (Coleção espécies arbóreas brasileiras, v. 1).

[8] CESARIO, L. F.; GAGLIANONE, M. C. Biologia floral e fenologia reprodutiva de Schinus terebinthifolius Raddi (Anacardiaceae) em restinga do norte fluminense. Acta Botânica Brasílica, v. 22, n. 3, p. 828-833, 2008.

[9] CLEMENTE, A. D. Composição química e atividade biológica do óleo essencial de pimenta rosa (Schinus terebinthifolius Raddi). 2006. 50 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

[10] COS TA, T. E. M. M.; HERINGER, A. P.; KAPLAN, M. A. C.; FIGUEIREDO, M. R.; HENRIQUES, M. das G.; ROSAS, E. C. Estudo da ação anti-inflamatória dos extratos etanólico, frações e substâncias obtidas da Schinus terebininthifolius Raddi (aroeira) em ensaios in vitro e in vivo. IV Bienal de Pesquisa, FIOCRUZ, 2008.

[11] COU TINHO, I. I. L. S.; TORRES, O. J. M.; MATIAS, J. E. F.; COELHO, J. C. U.; STAHLKE JUNIOR, H. J.; AGULHAM, M. A.; BACHLE, E.; CAMA RGO, P. A. M.; PIMENTEL, S. K.; FREITAS, A. C. T. de. Efeito do extrato hidroalcoolico de aroeira (Schinus Terebinthifolius Raddi) na cicatrização de anastomoses colônias: estudo experimental em ratos. Acta Cirúrgica Brasileira, v. 21, supl. 3, p. 49-54, 2006.

[12] DEGASPARI, C. H.; WASZCZ YNSKYJ, N.; SAN TOS, R. J. Atividade antioxidante de extrato de fruto de aroeira (Schinus terebenthifolius Raddi). Visão Acadêmica, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 83-89, 2004.

[13] DUTCOSKY S. D. Análise Sensorial de Alimentos. 3° edição. Curitiba: Universitária Champagnat, 2011.

[14] FLEIG, M. Anacardiaceae. Flora ilustrada do Rio Grande do Sul. Boletim do Instituto de Biociências, v. 18, n. 42, p. 1-72, Porto Alegre, RS, 1987.

[15] FLEIG, M; KLEIN, R. M. Anacardiaceas. In: REITZ, R. (ed.). Flora ilustrada catarinense. Itajaí, SC: Herbário Barbosa Rodrigues (HBR), p. 40-49, 1989.

[16] GUERRA, M. J. M.; et al. Actividad antimicrobiana de un extracto fluido al 80% de Schinus terebinthifolius Raddi. Inst. Superior de Ciencias Médicas de La Habana. Revista Cubana Plant. Med., v. 5, n. 1, p. 5-23, 2000.

[17] LACA -BUENDIA, J. P.; BRANDAO, M.; OLIVEIRA, L. M. da S. Utilizacao dos frutos de Schinus terebinthifolius Raddi. (Anacardiaceae) na substituição da pimenta-do-reino (Piper nigrum l.). Daphne, Belo Horizonte, v. 2, n. 4, p. 34-36, jul., 1992.

[18] LENZI, M.; ORTH, A. I. Caracterização funcional do sistema reprodutivo da aroeira-vermelha (Schinus terebinthifolius Raddi), em Florianópolis-SC, Brasil. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 26, n. 2, p. 198-201, 2004a.

[19] LENZI, M.; ORTH, A. I. Fenologia reprodutiva, morfologia e biologia floral de Schinus terebinthifolius Raddi (Anacardiaceae), em restinga da Ilha de Santa Catarina, Brasil. Biotemas, Florianópolis, SC, v. 17, n. 2, p. 67-89, 2004b.

[20] LIMA, H. N. Crescimento inicial de sete espécies arbóreas nativas em resposta à adubação com NPK a campo.

1995. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

[21] LIMA, F. Os alimentos do Futuro. Revista Época, São Paulo, 20 de maio de 2010.

[22] OLIVEIRA, M. J.; ARAÚJO, W. M. C.; BORGO, L. A. Quantificação de Nitrato e Nitrito em Linguiças do Tipo Frescal. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 25, n. 4, p. 736-742, 2005.

[23] RIBEIRO, A. C. Efeito da adição de óleo essencial de pimenta rosa (Schinus terebinthifolius Raddi) microencapsulado em queijo minas frescal. Dissertação [Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos] – Universidade Federal do Espírito Santo, 2015.

[24] SOKMEN, A.; GULLUCE, M.; AKPULA T, H. A.; DAFERERA, D.; TEPE, B.; POLISSIOU, M.; SOKMEN, M.; SAHIN, F. The in vitro antimicrobial and antioxidant activities of the essential oils and methanol extracts of endemic Thymus spathulifolius. Food Control, v. 15, n. 8, p. 627-634, 2004.

[25] TERRA, A. B.; FRIES, L. L. M.; TERRA, N. N. Particularidades na fabricação de salame. São Paulo: Livraria Varela, 2004.

[26] VALLE, F. R. A. F. Avaliação do efeito de extrato aquoso de aroeira (Schinus terebinthifolius, Raddi) adicionada a produtos cárneos. Tese [Doutorado em Produção Vegetal] – Universidade Federal do Norte Fluminense, 2015.

Capítulo 14

A utilização de fator de conversão de nitrogênio para proteínas em microalgas: Uma revisão

Kassandra Fontoura da Silva
Graciela Salete Centenaro
Roger Wagner
Valcenir Júnior Mendes Furlan

Resumo: Atualmente, com o avanço da tecnologia, os consumidores tornaram-se mais atentos e exigentes por produtos saudáveis, nutritivos e com apelo sustentável. Diante disso, as microalgas atraem a atenção da indústria alimentícia, pois são uma fonte proteica valiosa, sustentável e não convencional, tornando a inclusão de biomassa microalgal na formulação de alimentos uma estratégia para inovar e melhorar os valores nutricionais de diversos produtos. As proteínas derivadas de microalgas possuem perfis satisfatórios de aminoácidos essenciais e seu teor proteico eventualmente consegue ser maior que as fontes convencionais, como de laticínios. A determinação do teor de proteínas nesta matéria-prima pode fornecer informações importantes sobre as características químicas de sua biomassa, sendo geralmente utilizado o método onde a quantidade proteica é calculada a partir do nitrogênio total utilizando o fator de conversão de nitrogênio em proteína de 6,25. Entretanto, esse fator superestima seu valor real, devido à presença de nitrogênio não proteico em microalgas, apesar disso, o mesmo continua sendo utilizado frequentemente para essa matéria-prima. Diante do exposto, esta revisão enfatiza a importância das microalgas, os métodos mais utilizados para a quantificação do teor proteico e salienta a utilização do fator de conversão de nitrogênio em proteína nesta matéria-prima.

Palavras-chave: fator de conversão; microalgas; teor proteico.

1. INTRODUÇÃO

A população mundial está em constante crescimento. Estima-se que até o ano de 2050 ultrapasse os 9 bilhões de habitantes no planeta (UNITED NATIONS, 2015). Devido a esse aumento, há uma crescente preocupação com a capacidade de atender de forma sustentável às demandas nutricionais dos indivíduos (SALTER; LOPEZ-VISO, 2021). Diante desse cenário, a demanda mundial por proteína animal aumentou nos últimos anos, e a perspectiva é que continue evoluindo, ultrapassando o índice de 50% até o ano 2050, impulsionada, principalmente, pelo crescimento populacional. No entanto, futuramente, as necessidades de terra para a produção de forragem animal poderão exceder as áreas disponíveis no planeta. Assim, fontes alternativas de proteínas tornam-se necessárias para atender à exigência prevista (BOULOS; TÄNNLER; NYSTRÖM, 2020).

Nessa circunstância, as microalgas surgem como uma alternativa promissora, visto que são encontradas nos mais diversos ambientes ao longo de todo o planeta, mais comumente em espaços aquáticos. Elas aparecem tanto em ambientes continentais quanto marinhos, mas também podem habitar superfícies inóspitas, vivendo na neve, em solos desérticos e até mesmo em fontes termais (LUBIANA, 2014). Além disso, a fração proteica das microalgas consegue ser destacada como fonte promissora para ração animal e suplementos alimentares, uma vez que ela apresenta alta qualidade nutricional, podendo ser comparada com a de outras proteínas alimentares, devido ao seu perfil de aminoácidos (BECKER, 2007). Assim, a determinação do teor proteico de microalgas fornece informações importantes sobre as características químicas da biomassa microalgal (BARBARINO; LOURENÇO, 2005).

O teor de proteína nos alimentos é frequentemente determinado com base na proporção de nitrogênio total. Nesse contexto, o método de Kjeldahl é universalmente aplicado para a determinação desse elemento químico, permitindo a quantificação da proteína através da multiplicação da massa de nitrogênio pelo fator de conversão, o qual é diretamente relacionado com a composição dos aminoácidos que a compõe (BOULOS; TÄNNLER; NYSTRÖM, 2020).

Os fatores de conversão de nitrogênio em proteína (FCNPs) podem ser estimados com base nas premissas de que a maioria do nitrogênio esta correlacionada com aminoácidos proteicos e tem baixa contribuição de interferentes nitrogenados não proteicos. Assim, a exatidão da determinação do teor proteico depende da obtenção de um valor adequando do fator de conversão para a matriz em questão. O uso do valor de fator de conversão de 6,25 é comumente aplicado para quantificar boa parte dos alimentos e ingredientes alimentares, que não possuem um fator previamente estabelecido. Esse valor é estabelecido considerando que a massa total de proteína contém aproximadamente 16% de nitrogênio e que majoritariamente o nitrogênio da dieta é derivado de proteína (WHO, 2019).

Porém, as microalgas possuem fontes significativas de material nitrogenado não proteico, como pigmentos, ácidos nucléicos, aminoácidos livres e nitrogênio inorgânico (nitrato, nitrito e amônia), tornando necessário compensar ou corrigir a influência dessas formas nitrogenadas não proteicas no fator de conversão de nitrogênio em proteína para essa matéria-prima (LOURENÇO *et al*., 2004; LOURENÇO *et al*., 1998).

Como pode ser visto, utilizar o mesmo fator de conversão para todas as matrizes alimentares para determinação de proteína pode introduzir a erros, que comprometem a exatidão dos resultados, podendo haver superestimação ou subestimação significativa desse teor na maioria dos alimentos (WHO, 2019). Portanto, dado o contexto abordado, o presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre a utilização de fatores de conversão de nitrogênio em proteínas em microalgas.

2. METODOLOGIA

A proposta do trabalho foi procurar compreender a importância e o uso das microalgas, assim como as vantagens e desvantagens de métodos mais usuais na determinação de proteínas e o panorama de utilização de fatores de conversão de nitrogênio em proteínas em diferentes trabalhos dessa matéria-prima. Para tanto, a metodologia utilizada consistiu em uma revisão bibliográfica através de pesquisa nas seguintes bases de dados: Google Acadêmico, Scielo (Scientific Electronic Library Online), Portal de Periódicos Capes, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e sites de órgãos governamentais e não governamentais. Também foi realizada uma pesquisa documental em comitês nacionais e internacionais de saúde que abordam o tema e que tenham importância científica.

Para a pesquisa, foram empregados os seguintes descritores (palavras-chave e delimitadores): microalgas, fator de conversão, aplicações, vantagens e desvantagens dos métodos de determinação de proteínas.

Primeiramente, realizou-se o *download* dos materiais e, em seguida, foram organizados e arquivados em pastas para posterior leitura e análise das informações.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

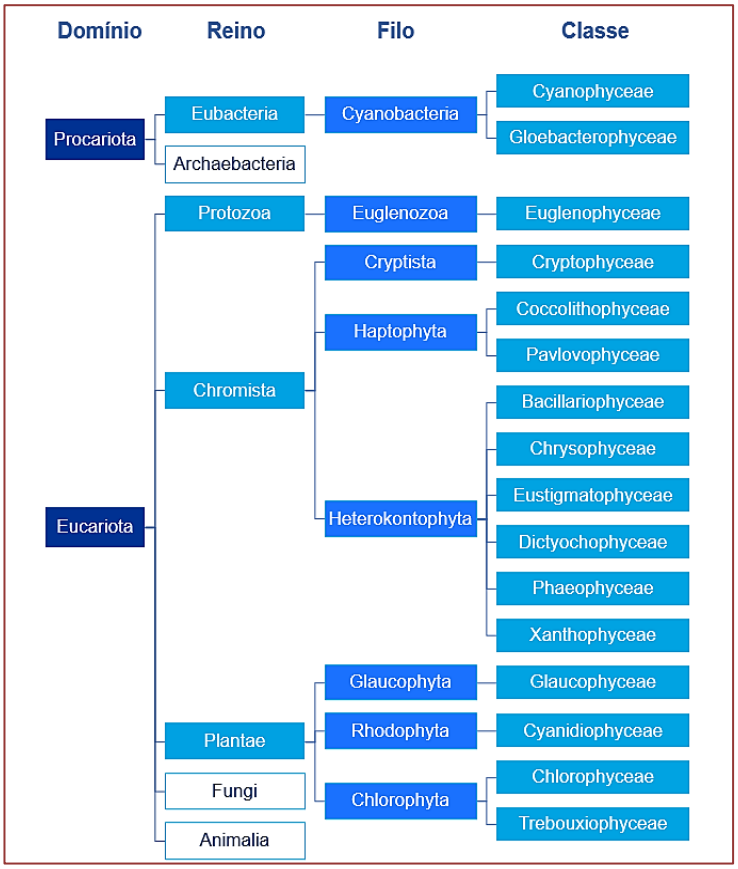
3.1. MICROALGAS: CLASSIFICAÇÃO, CARACTERÍSTICAS, IMPORTÂNCIA E APLICABILIDADE

O termo microalgas abrange microrganismos algais com clorofila e com outros pigmentos fotossintéticos (RAVEN *et al*., 1999). Engloba organismos procarióticos (cianobactérias) e eucarióticos (demais microalgas), que podem crescer em diversos ambientes aquáticos, tolerando condições extremas de temperatura, salinidade, pH e intensidade de luz (KHAN; SHIN; KIM, 2018). Além disso, envolve seres unicelulares e multicelulares, com hábitos planctônicos e bentônicos (LOURENÇO, 2006). Estima-se que existam cerca de 100 mil espécies de microalgas, numa diversidade de *habitats* que incluem água doce, salgada, salobra e solos (BARSANTI; GUALTIERI, 2005).

Suas fontes de nutrientes para crescimento são as emissões antrópicas. Além disso, elas podem converter pequenas moléculas, como dióxido de carbono e amônia, em valor agregado, transformando-as em macromoléculas. As microalgas apresentam alta eficiência fotossintética e elevada taxa de crescimento, resultando em altos rendimentos de carboidratos, proteínas ou lipídios (SU *et al*., 2017; CHEN *et al*., 2018).

Na taxonomia atual (Figura 1), os padrões incluem 16 classes desses organismos. Dentre essas categorias, as mais abundantes são as diatomáceas (*Bacillariophyceae*), as algas verdes (*Chlorophyceae*) e as algas douradas (*Chrysophyceae*). No entanto, as diatomáceas (*Ochrophyta*), as algas verdes (*Chlorophyta*) e as cianobactérias (*Cyanophyceae*) são as mais significativas em termos de exploração e aproveitamento biotecnológico (BOROWITZKA, 2018).

Figura 1 - Distribuição dos filos de microalgas de acordo com o esquema de classificação de sete reinos, com classes utilizadas para várias aplicações biotecnológicas.



Fonte: Adaptado de RUGGIERRO *et al*., 2015; LEVASSEUR ; PERRÉ ; POZZOBON, 2020.

Esses microorganismos podem ser classificados quanto ao fornecimento de carbono, em ser autotrófico ou heterotrófico. Os primeiros requerem apenas compostos inorgânicos como CO_2, sais e uma fonte de energia luminosa para o crescimento, enquanto os últimos requerem uma fonte externa de compostos orgânicos. Algumas algas fotossintéticas são mixotrópicas, ou seja, têm a capacidade de realizar a fotossíntese e adquirir nutrientes orgânicos exógenos (LEE, 1980 *apud* BRENNAN; OWENDE, 2010).

Alguns desses microrganismos desenvolvem-se através da utilização de fotossíntese, capturando luz solar, H_2O, CO_2 e nutrientes inorgânicos, convertendo-os em biomassa, energia química e O_2 (SHEEHAN *et al*., 1998). Eles utilizam a luz solar em maior proporção do que as plantas terrestres (10x), consomem poluentes nocivos e minimizam a necessidade de recursos. Adicionalmente, não competem com a agricultura por recursos valiosos e muitas outras vantagens tecnológicas adicionais como: alta produtividade, captura de carbono eficiente, elevado teor de lipídeos ou amido, que podem ser utilizados para produção biodiesel ou etanol, cultivo em água do mar, salobra ou mesmo em águas residuais e produção sobre terras não agricultáveis (MOSTAFA, 2012; EMBRAPA, 2016).

Entre as características que as tornam organismos de grande importância, estão a variedade de metabólitos que produzem, bem como a sua capacidade de alterar rapidamente seu metabolismo em resposta às mudanças nas condições ambientais. Quando expostas a condições físicas e químicas específicas, produzem moléculas bioativas de alto valor agregado, como antioxidantes, carotenóides, polissacarídeos, ácidos graxos, proteínas, lipídios e carboidratos (SOARES, 2021).

Atualmente, existem inúmeros processos de produção de microalgas que operam sob condições diferentes, usando diversas espécies desses organismos, desde sistemas abertos (raceways) a sistemas fechados (fotobiorreatores, PBR). Cada um destes sistemas apresentam vantagens e desvantagens. No caso dos raceways, são sistemas de cultivo menos dispendiosos. No entanto, a probabilidade de contaminação é mais alta do que em sistemas fechados PBR (tecnologia mais cara) que é utilizado para produção industrial; este tipo de reatores, é essencialmente empregado para microalgas extremófilas (Spirulina, Dunaliella entre outras). Na produção desta matéria-prima, é possível controlar as contaminações para garantir a viabilidade do inóculo e a qualidade do produto (DUARTE, 2015)

Existe uma grande variedade de microalgas e extratos, que contém elementos altamente nutritivos, tais como: proteínas, ácidos graxos essenciais, vitaminas (A, B1, B2, B6, B12, C, E) e minerais, constituídos de potássio, ferro, magnésio, cálcio e iodo (BECKER, 2013). Além disso, essa matéria-prima pode sintetizar até três classes de pigmentos, sendo clorofilas, ficobiliproteínas e carotenóides, diferentes espécies de microalgas, nomeadamente *Dunaliella salina*, *Haematococcus pluvialis*, *Murielopsis sp.* e *Scenedesmus almeriensis*, podem acumular cerca de 10% do seu peso seco em corantes (RODRIGUES *et al.*, 2013; FERNÁNDEZ-SEVILLA; FERNÁNDEZ; GRIMA, 2010). Portanto, representam fontes viáveis de compostos bioativos, que podem ser úteis em aplicações farmacêuticas ou de suplementos alimentares. Sendo criadas substâncias com princípios ativos antibacterianos, anti-inflamatórios, antialérgicos, antioxidantes, hipocolesterolemia, hipoglicemia, imunossupressores, antiagregantes e vasoconstritores (RAPOSO *et al.,* 2013).

As pesquisas que envolvem a composição química das microalgas começaram em 1890, quando Beijerinck conseguiu cultivar culturas puras de *Chorella vulgaris* (SANCHÉZ *et al*., 2019). No entanto, o uso comercial em larga escala deste conteúdo, iniciou-se em meados de 1950, motivado pelo elevado teor de proteína da biomassa para utilização como fonte alternativa de alimento (SPOLAORE; JOANNIS-CASSAN; DURAN, 2006).

O cultivo global de microalgas para diversar aplicações, sendo elas em diferentes apresentações (biomassa, extratos e substancias isoladas) para fins alimentícios ou não, tem sido favorecido pela sua adaptabilidade a terras não cultiváveis. Além do mais, presenta eficiência na utilização da luz solar, assim como de nutrientes residuais e da água do mar também colabora para que sua produção seja considerada (DRAAISMA *et al.*, 2013). Atualmente, as microalgas utilizadas para consumo humano são comercializadas em diferentes formas, como em comprimidos, pós, cápsulas ou líquidos (WELLS *et al*., 2017). Portanto, devido à grande variedade de nutrientes encontradas nas biomassas, elas apresentam ainda grande potencial não explorado, principalmente quanto às inovações nas formas de sua aplicação (CARNEVALLI, 2021).

3.2. DETERMINAÇÃO DE PROTEÍNAS: IMPORTÂNCIA E MÉTODOS MAIS UTILIZADOS

As proteínas representam um grupo de substâncias fundamentais, estando presentes em alimentos e participando de diversas reações metabólicas, indispensáveis em processos biológicos vegetais ou

animais. Elas são formadas, principalmente, por nitrogênio, constituindo-as na forma de aminoácidos e compostos nitrogenados. Todas as proteínas contêm carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio, sendo que muitas possuem enxofre. Existem variações na composição das proteínas, porém a quantidade de nitrogênio representa, em média, 16% da massa total da molécula. Desse modo, pode-se calcular o valor aproximado de proteína em uma amostra, medindo-se a teor de nitrogênio da mesma (VIEIRA, 2016).

A determinação do teor de proteína é importante para avaliar a qualidade da biomassa a ser utilizada como matéria-prima em alimentos e rações. Métodos confiáveis e precisos de quantificação são baseados na hidrólise de proteínas em aminoácidos e sua quantificação é realizada por cromatografia. No entanto, esses procedimentos são de custo elevado e demorados, sendo que uma análise detalhada de proteínas através do somatório de seus aminoácidos é redundante em avaliações de rotina, optando-se então por métodos mais rápidos e menos morosos (WALKER; WILSON, 2010).

Os métodos comumente empregados na quantificação de proteínas em microalgas são o Kjeldahl, pela determinação do nitrogênio total e os espectrofotométricos, através dos cromóforos formados por reações com alguns aminoácidos ou ligações peptídicas. Esses procedimentos quantificam sua concentração, através de comprimentos de onda na região do ultravioleta ou do visível, como nos ensaios Lowry e Bradford (MOTA *et al*., 2018).

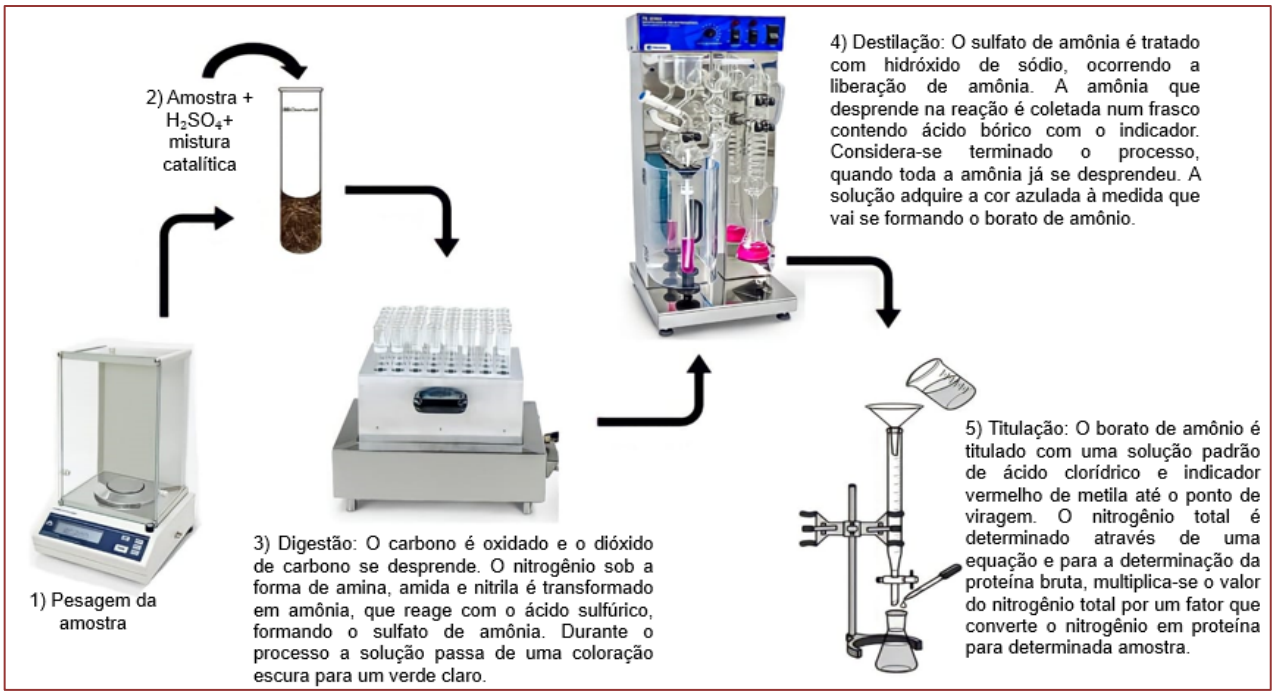
O uso de métodos espectrofotométricos são versáteis para gerar dados relativos de proteínas. Entretanto, pode ser menos útil para determinar valores absolutos, já que dependem da extração completa de todas as proteínas da matriz da biomassa. Contudo, é difícil solubilizar completamente todos os tipos de proteínas ligadas à membrana de microalgas para expô-las ao reagente colorimétrico (TEMPLETON; LAURENS, 2015). No caso do procedimento espectrofotométrico de Lowry, o desenvolvimento da cor é alicerçado na redução do reagente Folin por resíduos aromáticos e ligações peptídicas na proteína, para formar a cor detectada (LÓPEZ *et al*., 2010; SLOCOMBE *et al*., 2013). Como o reagente reagirá com outras substâncias redutoras em solução, esse ensaio é suscetível a interferências de espécies de algas e a condições de crescimento, que muitas vezes causam uma alta distorção (LAURENS *et al.*, 2014).

O método de Bradford é baseado na ligação do corante “comassie” à proteína, em que as moléculas do corante reagem principalmente com os resíduos de arginina, que possuem uma cadeia lateral positiva (MIKKELSEN; CORTÓN, 2004). Esse sistema tem como vantagens a rapidez, o baixo custo e a compatibilidade com agentes redutores, mas apresenta resposta anômala a peptídeos de baixa massa molecular (OLSON; MARKWELL, 2007).

A determinação de proteínas através do nitrogênio total foi proposta por Johann Kjeldahl, um químico dinamarquês, que descobriu um método relativamente simples e de baixo custo, o qual determina o nitrogênio total e este é convertido em proteína. Esse método se consolidou com referência para a determinação do teor proteico, sendo utilizado para calibração e validação de procedimentos alternativos de geração de proteínas (GREENFIELD; SOUTHGATE, 2003; LOPES; SANTANA, 2005). O método de Kjeldahl foi estabelecido como oficial pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC), tendo sido adotado no Brasil pela Instrução Normativa n. 68, de 12 de dezembro de 2006, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2006). Esse procedimento é o mais utilizado para a determinação de nitrogênio e proteína em alimentos e rações. Essa ampla aplicabilidade se deve ao alto nível de precisão, reprodutibilidade, aparelhagem simples, baixo custo e fácil manuseio (MOORE *et al.* , 2010; SOARES *et al*., 2013).

O método de Kjeldahl (Figura 2) compreende três etapas principais, sendo elas: digestão, destilação e titulação. Esse procedimento baseia-se na digestão com ácido sulfúrico, onde ocorre a transformação do nitrogênio da amostra em sulfato de amônio e posterior destilação com liberação da amônia, que é fixada em solução ácida e, então titulada com ácido clorídrico (MAPA, 2013).

Figura 2 - Esquema do método de Kjeldahl para determinação de nitrogênio.



Fonte: Adaptado de ARAÚJO, 2019.

As principais limitações desse método para a determinação do teor de nitrogênio total são as seguintes: geração de grandes volumes de resíduos que necessitam de neutralização antes do descarte; possibilidade de perdas no sistema de destilação, que pode resultar em erros e subestimação dos teores de nitrogênio, demora na digestão das amostras que necessitam de aquecimento em bloco digestor e problemas com exatidão atribuídos a fatores de conversão de nitrogênio em proteína. As microalgas contêm altas concentrações de outros compostos nitrogenados, como ácidos nucléicos, aminas, uréia, nitrogênio intracelular inorgânico (amônia, nitrato e nitrito), vitaminas e alcalóides (SOARES *et al.,* 2013; MOORE *et al.,* 2010; FUJIHARA; KASUGA; AOYAGI, 2001), tornando necessária o uso de FCNPs específicos para as mesmas, apesar disso, o fator 6,25 continua sendo amplamente utilizado para essa matéria-prima, ocasionando a subestimação ou superestimação de seu conteúdo proteico (ANGELL *et al.,* 2016). Conforme ilustrado na Tabela 1, cada método possui suas vantagens e desvantagens. A escolha geralmente é sustentada na compatibilidade com as amostras. Além disso, deve-se considerar as possíveis substâncias interferentes incluídas, que podem afetar determinadas metodologias, bem como a precisão e a reprodutibilidade.

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens dos métodos mais usuais para determinação de proteínas em microalgas.

Método	Vantagens	Desvantagens
Lowry	Alta sensibilidade, menor quantidade de amostra e baixo custo	Interferência dos íons magnésio (Mg^{2+}) e cálcio (Ca^{2+}), longo tempo de análise comparado a outros métodos espectofotométricos, absortividade específica altamente variável para diferentes proteínas
Bradford	Rápido, sensível, baixo custo, menor suscebilidade à interferência de reagentes	Absortividade específica variável para diferentes proteínas, fornecimento de resultados nem sempre reprodutíveis devido ao grau de pureza do corante BG-250 que varia conforme a procedência, incapacidade de detectar peptídeos ou proteínas <3000 Da
Kjeldahl	Alto nível de precisão, reprodutibilidade, baixo custo, aparelhagem simples, compatibilidade com quase todas as matrizes alimentares e ampla aplicação nas comunidades analíticas e regulatórias de alimentos	Falta de seletividade ao nitrogênio proteico e problemas com exatidão atribuídos a fatores de conversão de nitrogênio em proteína

Fonte: Adaptado de TEMPLETON; LAURENS, 2015; LAURENS *et al.*, 2014; MOORE *et al*., 2010; SOARES *et al*., 2013; OLSON; MARKWELL, 2007; ZAIA; LICHTIG, 1998.

Para análises de rotina, os métodos de Bradford e Lowry têm a vantagem de serem mais rápidos e de menor custo. No entanto, devido à variedade de compostos interferentes, os resultados obtidos podem não ser exatos. Assim, segundo Moore *et al*. (2010), apesar de sua falta de seletividade para relacionar o nitrogênio proteico para determinação de proteínas pelo método de kjeldahl, a quantificação desse composto através do nitrogênio total têm menor influência da matriz, para a maioria das matrizes alimentares. Decorre que a amostra alimentar é quase completamente oxidada durante a análise de nitrogênio, isso permite que métodos de análises de proteína através da quantificação de nitrogênio sejam aplicados à qualquer matriz alimentar, com adaptação mínima e específica de cada matriz. Para obter resultados confiáveis, a metodologia de Kjeldahl é utilizada para uma microalga, em que o fator de conversão é determinado previamente.

3.3. FATOR DE CONVERSÃO DE NITROGÊNIO EM PROTEÍNA: HISTÓRICO E FATORES UTILIZADOS ATUALMENTE EM MICROALGAS

A determinação de um FCNP específico é importante para agregar valor comercial a um ingrediente alimentar. Decorre que o teor de proteína configura-se em um elemento determinante para aumentar a sua cotação de mercado (MOORE *et al*., 2010). Para alimentos em que esse fator é desconhecido, o FCNP médio de 6,25 é frequentemente adotado. Assim, para muitos dos alimentos, o teor de nitrogênio não proteico não é significativo (LOURENÇO *et al*., 2004), enquanto que para plantas e microalgas essa variável pode apresentar uma grande variação em concentração, a depender da espécie, variedade, estágio de crescimento e cultivo ou condições de produção (MOTA *et al*., 2018). Embora o fator de 6,25 tenha se mostrado errôneo principalmente por negligenciar a fração de nitrogênio não proteico, ele ainda é utilizado em tabelas de composição de alimentos (VAN DER SPIEGEL; NOORDAM; VAN DER FELS-KLERX, 2013, MARIOTTI; TOMÉ; MIRAND, 2008).

A conversão de nitrogênio em proteína é um método reconhecido e amplamente utilizado, mas depende do desenvolvimento de um fator de conversão de nitrogênio em proteína que seja aplicável (TEMPLETON; LAURENS, 2015). O cuidado essencial na utilização do nitrogênio percentual como método de determinação do teor de proteína está em utilizar um FCNP que seja específico para as amostras analisadas no trabalho.

Nesse contexto, Mossé (1990) propõe um método para determinar um fator de conversão de nitrogênio em proteína. Também descreve como determinar os limites superior (kA) e inferior (kP) para esse fator, sugerindo a combinação desses limites em um único fator médio (k). Importante ressaltar que a abordagem de usar medidas de aminoácidos para calcular o FCNP não era nova, mas o estudo de Mossé avançou em relação ao trabalho anterior e, essencialmente, "codificou" a abordagem para calcular o fator k (KRUL, 2019).

Esses fatores podem ser definidos matematicamente, conforme as Equações 1, 2 e 3, descritas na sequência, embora existam muitas particularidades práticas, analíticas e computacionais a serem observadas ao calcular esses fatores (TEMPLETON; LAURENS, 2015).

$$k_A = (\sum E_i)/(\sum D_i) \quad (1)$$

$$k_P = (\sum E_i)/N \quad (2)$$

$$k = (k_A + k_P)/2 \quad (3)$$

O termo $\sum E_i$ é a soma dos aminoácidos anidros (resíduo de aminoácido), contabilizando a perda de massa durante polimerização em proteínas. O termo $\sum D_i$ consiste na soma do teor de nitrogênio dos resíduos de aminoácidos, incluindo qualquer amônia liberada durante a hidrólise. O termo N refere-se à % nitrogênio encontrado nas amostras por métodos que incluam o nitrogênio proteico e não proteico (NPN).

Dessa perspectiva, Mossé (1990) argumenta que a melhor escolha para o fator de conversão de nitrogênio em proteína em amostras reais é a média (k) dos limites superior e inferior. De sua parte, Templeton e Laurens (2015) concordaram que determinar k possivelmente é a escolha mais precisa. Os referidos autores também observaram que o fator kA é uma escolha inadequada para ser utilizada como FCNP. Isso porque assume que todo o nitrogênio é derivado de proteína, ou seja, que o nitrogênio não proteico (NNP) é igual a zero. Assim sendo, esse fator superestima o verdadeiro teor de proteína de uma amostra, como a biomassa de algas, e pode ser tendencioso devido à presença de NNP. Além do mais, os autores relatam que o fator kP é a opção mais conservadora e mais adequada em relação ao NNP da amostra, atribuindo todos os aminoácidos à proteína (TEMPLETON; LAURENS, 2015).

Nesse contexto, Angell *et al*. (2016) defenderam que um FCNP específico deve ser realizado para todos os produtos de algas marinhas, argumentando ser importante que a indústria conheça seu teor proteico para evitar possíveis perdas econômicas. Lourenço *et al*. (1998) realizaram um estudo para determinar as concentrações dos principais compostos nitrogenados e estabelecer fatores de conversão de nitrogênio em proteína específicos para as microalgas marinhas, propondo FCNP para cada fase de crescimento nas espécies avaliadas. O fator de conversão de nitrogênio em proteína médio para todas as espécies/fases de crescimento foi de 4,58 ± 0,11. Essa pesquisa mostrou que o uso do fator tradicional (6,25) não é adequado para essa matéria-prima e, possivelmente, para outras espécies, pois superestima seu verdadeiro teor.

Observaram, ainda, que, nesses casos, o uso desses agentes específicos para cada fase de crescimento ou fatores médios para cada espécie, está associado a maior variação nos cálculos de proteínas totais. No entanto, é muito menor do que o fator conversão de nitrogênio em proteína tradicionalmente utilizado (6,25). A explicação para isso é que, na ausência de estudos específicos para outras espécies marinhas, o FCNP de 4,58 (a média de todos os fatores no presente estudo) deve ser utilizado, em vez de 6,25 para calcular a proteína total a partir do teor de nitrogênio (LOURENÇO *et al*., 1998).

Posteriormente, Lourenço *et al*. (2004) afirmaram que os balanços de nitrogênio em microalgas são fortemente influenciados pelas condições de crescimento e pelo estado fisiológico das culturas. Como a proporção de proteína nitrogenada para nitrogênio pode ser variável em microalgas cultivadas em processos em batelada, isso pode limitar a utilidade dos fatores de conversão de nitrogênio para proteína, mesmo sendo o método mais comum para determinar o teor de proteína. Além do mais, ressaltam que precisão da determinação dessa macromolécula por métodos utilizando um FCNP depende do estabelecimento de um fator mais específico para a amostra em estudo, sendo necessários dados experimentais para preencher essa lacuna (LOURENÇO *et al*., 2004).

Dessa forma, para complementar o estudo anterior, os pesquisadores acompanharam o crescimento de espécies de microalgas marinhas e determinaram seus fatores. Com base nos resultados atuais e no estudo anterior, foi estabelecido um FCNP médio geral em todas as espécies, com tratamentos e fases de crescimento de 4,78 ± 0,62. Este trabalho reafirma que a utilização do fator tradicional (6,25) para essa matéria-prima é inadequada, recomendando-se a utilização dos fatores propostos neste estudo (LOURENÇO *et al*., 2004).

Safi *et al*. (2013) publicaram um estudo sobre a influência das características da parede celular de microalgas na extração de proteínas e na determinação de fatores de conversão de nitrogênio em proteína. Obtiveram para *Chlorella vulgaris* de parede celular rígida, para *Nannochloropsis oculata* e para *Haematococcus pluvialis* os valores de 6,35, 6,28 e 6,25, respectivamente, mas, para seus extratos proteicos, os valores foram menores, sendo de 5,96, 5,86 e 5,63. Por sua vez, o FCNP obtido para microalgas com paredes celulares frágeis *Porphyridium cruentum* e *Athrospira platensis* foi de 6,35 e de 6,27, sem diferença significativa para seu extrato proteico, com 6,34 e 6,21. Neste estudo, o kA foi calculado para todas as espécies, sendo esse tipo de fator de conversão maior que kP e k. Por isso, há uma diferença entre os fatores calculados para *N. oculata* neste estudo (6,28) e aquele encontrado para a mesma microalga (4,87) na publicação de Lourenço *et al*. (1998), que utilizou o fator k.

Os autores destacam que a extração de proteínas, juntamente com a avaliação do fator de conversão, trouxe evidências adicionais de que a parede celular de todas as microalgas desempenha um papel importante na quantificação de proteínas, ou seja, ignorá-la pode resultar em uma quantificação errônea do teor proteico. Ressaltam, também, que não existe um fator de conversão universal que possa ser recomendado para todas as microalgas, como demonstrada pela comparação deste estudo com outros que foram realizados em dezenas de microalgas. Conclui-se, então, que sempre quando a quantificação precisa de proteínas for essencial, o FCNP deve ser avaliado (SAFI *et al*., 2013).

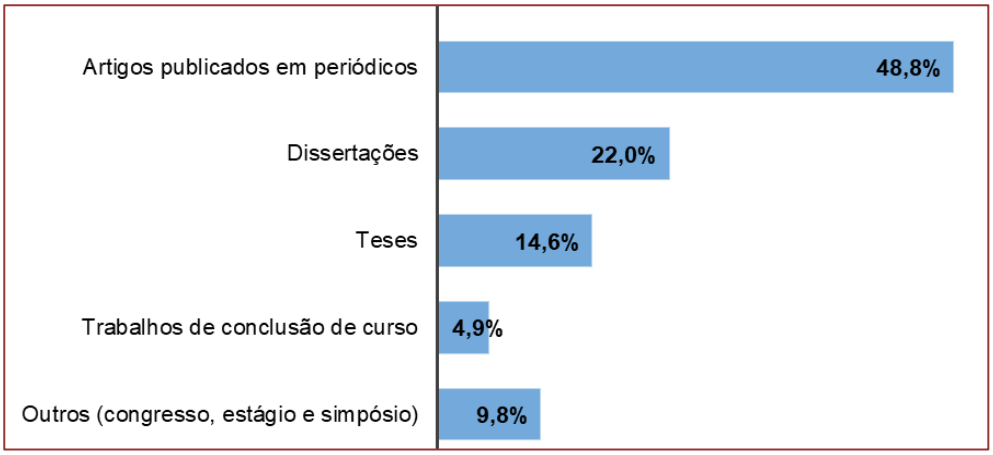
Templeton e Laurens (2015) publicaram uma revisão de estudos sobre a composição de microalgas e FCNP derivados de 21 amostras analisadas, determinando fatores de kA (6,24), kP (3,71) e k (4,97). O valor médio de k aplicado nesse estudo não difere significativamente do que foi proposto por Lourenço *et al*. (2004), de 4,78.

Nessa perspectiva, Angell *et al*. (2016) explicam que, ultimamente, há interesse em caracterizar os componentes de algas marinhas e microalgas, à medida em que se tornam organismos de maior importância como fonte de alimento. Diante disso, realizaram um levantamento de 236 artigos, analisando o teor de proteína definido em algas e microalgas, os quais mostraram que 6% dos estudos utilizaram o método de quantificação de aminoácidos proteômicos totais (TAA), 42% estipularam o teor de proteína por métodos de extração direta e a subsequente determinação de proteína solúvel (principalmente através de ensaios de Bradford e Lowry). Enquanto isso, 52% utilizaram o método indireto com o fator de conversão de nitrogênio em proteína genérico (6,25), traduzido da literatura sobre animais e plantas terrestres. Tal procedimento serviu para enfatizar que esse fator é amplamente utilizado, mesmo que estudos demonstrem que seu uso nessa matéria-prima é inadequado.

Diante do exposto, foi desenvolvida uma pesquisa para complementar esta revisão, onde foram selecionadas 41 publicações, no período entre 2003 e 2021. Todas utilizavam um FCNP em microalgas para determinar o seu teor de proteínas, com o intuito de averiguar qual o fator que está sendo mais utilizado atualmente para essa matéria-prima.

Conforme é possível observar na Figura 3, 48,8% dos estudos utilizados nesta pesquisa são artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais; dissertações, teses e trabalhos de conclusão de cursos somam 41,5% e, posteriormente, com 9,8%, encontra-se a classe outros, incluindo publicações em anais de congresso, simpósios e relatórios de estágios.

Figura 3 - Distribuição da frequência relativa das classes de estudos utilizados na pesquisa (n= 41).



Fonte: Autora, 2022.

Conforme é descrito na Tabela 2, verifica-se que 75,6% das publicações utilizaram o fator 6,25 em seus estudos. Enquanto isso, apenas 22,0% recorreram ao valor proposto por Lourenço *et al.* (2004), para microalgas de 4,78, e 01 publicação, 2,4%, utilizou o fator de 5,75, em que o autor justifica a escolha do mesmo como sendo para a determinação de proteínas vegetais. Esses resultados ressaltam que, apesar dos estudos direcionados na obtenção de um FCNP para microalgas, o fator genérico (6,25) continua sendo amplamente utilizado, embora existam publicações que o consideram inadequado para essa matéria-prima. Esse fator é utilizado há décadas para várias amostras, tornando claramente difícil sair de sua posição atual. No entanto, há a necessidade de estender a questão à comunidade científica, para que seja adotado um maior cuidado na seleção de um fator de conversão de nitrogênio em proteína para microalgas. Dessa forma, evitar a superestimação ou a subestimação do teor de proteína dessa matéria-prima.

Tabela 2 – Fatores de conversão de nitrogênio em proteínas utilizados em estudos sobre microalgas.

FCNP*	N°	%	Referências
6,25	31	75,6	ARAYA *et al.*, 2021; BARRETO; CHEPE, 2021; BARROS, 2010; BISPO, 2019; CARVAJAL, 2009; COCA *et al.*, 2015; DE ALVA; LUNA-PABELLO, 2017; FURTADO, 2013; GORGÔNIO, 2013; GRAZIANI *et al.*, 2013; JAESCHKE, 2019; LIMA, 2016; LISBOA *et al*,. 2014; LUPATINI, 2016; MANRICH *et al.*, 2014; MATOS *et al*,. 2015; MINGOTTI, 2019; MOLINO *et al.*, 2018; MOREIRA, 2010; NICCOLAI *et al.*, 2019; OGBONDA; AMINIGO; ABU, 2007; OHSE *et al.*, 2009; PALMA, 2015; PEREIRA *et al*,. 2018; PERON, 2018; SILVA, 2020; SIMÃO, 2017; SPÍNOLA, 2021; TOKUŞOGLU; ÜUNAL, 2003; WAGHMARE *et al.*, 2016; YEH, CHANG; CHEN, 2010.
4,78	9	22,0	ALMEIDA *et al.*, 2020; JULICH *et al.*, 2019; MACHADO *et al.*, 2017; MATOS *et a*l., 2016; MOTA *et al.*, 2018; PEREIRA, 2017; SANTANA *et al.*, 2017; TELES, 2016; TORRES, CASSINI; GONÇALVES, 2014.
5,75	1	2,4	RICO, 2014.

*Fator de conversão de nitrogênio em proteínas.

Fonte: Autora, 2022.

Atualmente um dos maiores interesses nas microalgas é como fonte de proteínas e neste contexto esta matéria-prima está sendo vista como um elemento de grande valor com uma vasta gama de aplicações (COBOS *et al.*, 2020). Existem preocupações sobre a distribuição de nitrogênio em algas marinhas. Sendo que substâncias nitrogenadas não proteicas como pigmentos (clorofila e ficoeritrina) e nitrogênio inorgânico (nitrato, nitrito e amônia) estão presentes em altas concentrações. Portanto, a utilização do

fator tradicional (6,25) superestima o teor real de proteína e tal atribuição consegue ser crucial no valor agregado de produtos que utilizam essa matéria-prima (LOURENÇO *et al*. 1998; MAEHRE, *et al*. 2018). Assim, o cálculo do teor proteico com o uso de um FCNP requer alguns cuidados, o que nem sempre é considerado pelos autores que utilizam essa metodologia (LOURENÇO *et al*., 2002).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As microalgas são uma alternativa nutricional promissora em virtude de seus componentes, principalmente as proteínas, sendo um dos elementos de maior interesse para aplicações. Nesse sentido, determinar o teor de proteína se torna importante na valorização da biomassa microalgal. Logo, a análise de determinação desse composto com a utilização de um fator de conversão de nitrogênio em proteína é muito utilizada. Estudos enfatizam que a determinação do fator k é a escolha mais correta para se encontrar o teor exato de proteína em microalgas, acarretando em resultados inadequados quando do uso do FCNP de 6,25.

Para essa matéria-prima, não existe um fator de conversão universal que possa ser recomendado para todas as espécies. Entretanto, já existem fatores definidos para microalgas específicas que devem ser adotados, em substituição ao fator tradicionalmente empregado. Consequentemente, deve haver um maior cuidado ao aplicar um fator de conversão de nitrogênio em proteína nessa matéria-prima. Decorre que, sempre quando uma quantificação precisa dessa macromolécula for indispensável, torna-se necessário avaliar ou considerar um FCNP mais específico, considerando sua espécie e fase de crescimento, caso não haja um fator pré-definido para a microalga em questão, o fator médio que utilizou maior quantidade de amostra (4,97) deve ser considerado.

Em vista disso, numa perspectiva futura, recomendam-se novos estudos sobre essa temática, de forma à disseminar esse assunto para a comunidade científica.

REFERÊNCIAS

[1] ALMEIDA, L. M. R. et al. Utilização de Biomassa de Spirulina Platensis para desenvolvimento de molho com alto teor proteico: um estudo piloto. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 4, p. 21172-21185, 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/9203/7782>. Acesso em: 10 jun. 2022.

[2] ANGELL, A. R. et al. The protein content of seaweeds: a universal nitrogen-to-protein conversion factor of five. Journal of Applied Phycology, v. 28, n. 1, p. 511-524, 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10811-015-0650-1>. Acesso em: 10 jun. 2022.

[3] ARAÚJO, M. A. Revisão bibliográfica: avaliação do método de Kjeldahl na determinação de nitrogênio e sua aplicação na análise foliar. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/25454>. Acesso em: 22 jul. 2022.

[4] ARAYA, M. et al. Determination of free and protein amino acid content in microalgae by HPLC-DAD with pre-column derivatization and pressure hydrolysis. Marine Chemistry, v. 234, p. 103999, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/ science/article/abs/pii/S0304420321000840>. Acesso em: 22 mai. 2022.

[5] BARBARINO, E., LOURENÇO, S. O. An evaluation of methods for extraction and quantification of protein from marine macro-and microalgae. Journal of Applied Phycology, v. 17, n. 5, p. 447-460, 2005. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10811-005-1641-4. Acesso em: 18 mai. 2022.

[6] BARRETO, G. M. C; CHEPE, D. V. M. Cultivo de Spirulina platensis en diferentes niveles de pH y rendimiento de proteínas. f. 95. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas), Universidade Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque-Perú, 2021. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/9884>. Acesso em: 11 ago. 2022.

[7] BARROS, K. K. S. Produção de biomassa de Arthrospira platensis (Spirulina platensis) para alimentação humana. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/ 4089/1/arquivototal.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2022.

[8] BARSANTI, L., GUALTIERI, P. Algae: Anatomy, biochemistry, and biotechnology. Boca Raton: CRC, p. 270-320, 2005.

[9] BECKER, E. W. Micro−algae as a source of protein. Biotechnology Advances, v. 25, n. 2, p. 207−210, 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j. biotechadv.2006.11.002. Acesso em: 14 mai. 2022.

[10] BECKER, E. W. Handbook of microalgal culture: applied phycology and biotechnology. In: Richmond A (ed)

Bioactive and novel chemicals from microalgae, p. 26. Blackwell Science, Oxford, 2013.

[11] BISPO, L. O. Efeito do pH, NaCl e tratamento ultrassônico na solubilidade da proteína da microalga Spirulina platensis. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2019. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/12630>. Acesso em: 11 ago. 2022.

[12] BOROWITZKA, M. A. Biology of Microalgae. In: Microalgae in Health and Disease Prevention. Edited by Levine IA, Fleurence J. Academic Press; p. 23-72, 2018.

[13] BOULOS, S., TÄNNLER, A., NYSTRÖM, L. Nitrogen-to-Protein Conversion Factors for Edible Insects on the Swiss Market: T. molitor, A. domesticus, and L. migratoria. Frontiers in nutrition, p. 89, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00089. Acesso em: 14 mai. 2022.

[14] BRASIL. Instrução Normativa nº 68, de 12 de dezembro de 2006 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília. Métodos Analíticos Oficiais Físico-Químicos, para controle de leite e produtos lácteos. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/inspleite/files/2016/03/Instru%C3%A7%C3%A3o-normativa-n% C2%B0-68-de-12-dezembro-de-2006.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2022.

[15] BRENNAN, L., OWENDE, P. Biofuels from microalgae—a review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 14, n. 2, p. 557-577, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.10.009>. Acesso em: 21 jul. 2022.

[16] CARNEVALLI, F. R. Uso de Biomassa de Microalgas e seus Derivados em Alimentos. f. 41. Trabalho de Conclusão de Curso de Farmácia-Bioquímica – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/ba03cb6e-9a66-47f9-ba2b-ff5ca8c7b8d4/3066161.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2022.

[17] CARVAJAL, J. C. L. Caracterização e modificações químicas da proteína da microalga Spirulina (Spirulina maxima). 138 f. Tese (Doutorado em Química e Bioquíma de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/4006>. Acesso em: 03 jun. 2022.

[18] CHEN X. et al. Nitrogen and phosphorus removal from anaerobically digested wastewater by microalgae cultured in a novel membrane photobioreactor. Biotechnology for Biofuels, v. 11, n. 1, p. 1-11, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13068-018-1190-0>. Acesso em: 19 jun. 2022.

[19] COBOS, M. et al. Nutritional evaluation and human health-promoting potential of compounds biosynthesized by native microalgae from the Peruvian Amazon. World Journal of Microbiology and Biotechnology, v. 36, n. 8, 1 ago. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11274-020-02896-1>. Acesso em: 23 jul. 2022.

[20] COCA, M. et al. Protein production in Spirulina platensis biomass using beet vinasse-supplemented culture media. Food and Bioproducts Processing, v. 94, p. 306-312, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2014.03.012>. Acesso em: 11 ago. 2022.

[21] DE ALVA, M., LUNA-PABELLO, V. M. Determinación del contenido de proteína y nutracéuticos en la biomasa de Paramecium aurelia. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, v. 4, n. 10, p. 89-96, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.19136/era.a4n10.678>. Acesso em: 11 ago. 2022.

[22] DRAAISMA, R. B. et al. Food commodities from microalgae. Current Opinion in Biotechnology, v. 24, n. 2, p. 169-177, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2012.09.012>. Acesso em: 05 jun. 2022.

[23] DUARTE, M. M S. Identificação, deteção e caracterização de contaminantes em produção de microalgas através das técnicas de biologia molecular. f. 61. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Aplicada), Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10451/23065>. Acesso em: 12 ago. 2022.

[24] EMBRAPA, Agorenergia. Agroenergia em revista: microalgas. Embrapa Agroenergia-Outras publicações técnicas (INFOTECA-E) , v. 4, n. 10, 2016. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1060364>. Acesso em: 14 out. 2022.

[25] FERNÁNDEZ-SEVILLA, J. M.; FERNÁNDEZ, A. F. G.; GRIMA, E. M. Biotechnological production of lutein and its applications. Applied microbiology and biotechnology, v. 86, n. 1, p. 27-40, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00253-009-2420-y>. Acesso em: 16 out. 2022.

[26] FUJIHARA, S.; KASUGA, A.; AOYAGI, Y. Nitrogen-to-protein conversion factors for common vegetables in Japan. Journal of Food Science, v. 66, n. 3, p. 412-415, 2001. Disponível em: < https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb16119.x>. Acesso em: 15 out. 2022.

[27] FURTADO, A. S. Produção, avaliação e aplicação de filmes nanocompósitos obtidos a partir de extrato proteico da microalga Spirulina platensis. f. 146. Tese (Doutorado em Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos), Universidade Federal do Rio Grande/FURGS, Rio Grande, 2013. Disponível em: <http://repositorio.furg.br/handle/1/6082>. Acesso em: 20 jun. 2022.

[28] GORGÔNIO, C. M. D. S. Aplicação de tecnologia enzimática para a obtenção de hidrolisados proteicos de

microalgas. Tese (Doutorado do Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos), da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://epqb.eq.ufrj.br/download/tecnologia-enzimatica-para-obtencao-de-hidrolisados-proteicos-de-microalgas.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2022.

[29] GRAZIANI, G. et al. Microalgae as human food: chemical and nutritional characteristics of the thermo-acidophilic microalga Galdieria sulphuraria. Food & Function, v. 4, n. 1, p. 144-152, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/C2FO30198A>. Acesso em: 11 ago. 2022.

[30] GREENFIELD, H., SOUTHGATE, D. A. T. Datos de composición de alimentos: obtención, gestión, utilización. 2. ed. Roma: FAO, 2003. 321p. Disponível em: < https://www.fao.org/3/y4705s/y4705s.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2022.

[31] JAESCHKE, D. P. Aplicação de tecnologias emergentes na extração de compostos de interesse a partir de microalgas. Tese (Doutorado do Programa de Pós Graduação em Engenharia Quimica), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/203761>. Acesso em: 11 ago. 2022.

[32] JULICH, J. et al. Estudo da hidrólise enzimática de biomassa de microalga empregando uma sequência de enzimas. Revista Jovens Pesquisadores, v. 9, n. 2, p. 77-84, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.17058/rjp.v9i2.13519>. Acesso em: 11 ago. 2022.

[33] KHAN, M. I., SHIN, J. H., KIM, J. D. The promising future of microalgae: current status, challenges, and optimization of a sustainable and renewable industry for biofuels, feed, and other products. Microbial Cell Factories, v. 17, n. 1, p. 1-21, 2018. Disponível em: <https://microbialcellfactories.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12934-018-0879-x>. Acesso em: 11 jun. 2022.

[34] KRUL, E. S. Calculation of nitrogen-to-protein conversion factors: A review with a focus on soy protein. Journal of the American Oil Chemists' Society, v. 96, n. 4, p. 339-364, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/aocs.12196>. Acesso em: 11 ago. 2022.

[35] LAURENS, L. M. L. et al. Strain, biochemistry, and cultivation-dependent measurement variability of algal biomass composition. Analytical Biochemistry, v. 452, p. 86-95, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ab.2014.02.009>. Acesso em: 01 jul. 2022.

[36] LEE, R. E. Phycology. Cambridge University Press, Cambridge, 1980.

[37] LEVASSEUR, W., PERRÉ, P., POZZOBON, V. A review of high value-added molecules production by microalgae in light of the classification. Biotechnology Advances, v. 41, p. 107545, 2020. Disponível em:<https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2020.107545> Acesso em: 10 jul. 2022.

[38] LIMA, J. F. Cultivo e secagem da microalga Chlorella sp. em diferentes concentrações de nutrientes. F. 135. Tese (Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos), da Universidade Federal de Campina Grande/UFCG, Campina Grande, 2016. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/932>. Acesso em: 05 jun. 2022.

[39] LISBOA, C. R. et al. Utilisation of Spirulina sp. and Chlorellapyrenoidosa biomass for the productionof enzymatic protein hydrolysates. Journal of Engineering Research and Applications. V. 4, n. 5, p. 29-38, 2014. Disponível em: <https://www.academia.edu/7675735/Utilisation_Of_Spirulinasp._And_Chlorellapyrenoidosa_Biomass_For_The_Productionof_Enzymatic_Protein_Hydrolysates>. Acesso em: 06 jun. 2022.

[40] LOPES, D. C., SANTANA, M. C. A. Determinação de proteína em alimentos para animais: métodos químicos e físicos. Viçosa, Editora UFV, 98p, 2005.

[41] LÓPEZ, C. V. G. et al. Protein measurements of microalgal and cyanobacterial biomass. Bioresource Technology, v. 101, n. 19, p. 7587-7591, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.04.077>. Acesso em: 05 jun. 2022.

[42] LOURENÇO, S. O. et al. Distribution of intracellular nitrogen in marine microalgae: basis for the calculation of specific nitrogen-to-protein conversion factors. Journal of Phycology, v. 34, n. 5, p. 798-811, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.1998.340798.x>. Acesso em: 26 jun. 2022.

[43] LOURENÇO, S. O. et al. Amino acid composition, protein content and calculation of nitrogen-to-protein conversion factors for 19 tropical seaweeds. Phycological Research, v. 50, n. 3, p. 233-241, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1440-1835.2002.00278.x>. Acesso em: 22 jul. 2022.

[44] LOURENÇO, S. O. et al. Distribution of intracellular nitrogen in marine microalgae: calculation of new nitrogen-to-protein conversion factors. European. Journal of Phycology, v. 39, n. 1, p. 17-32, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/0967026032000157156>. Acesso em: 20 jun. 2022.

[45] LOURENÇO, S. O. Cultivo de Microalgas Marinhas: Princípios e Aplicações. São Carlos: RIMA, p. 606, 2006.

[46] LUBIANA, K. M. F. Microalgas: ecologia, biodiversidade e importância. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, IV Botânica no Inverno, p.35-47, 2014. Disponível em: <https://www.

researchgate.net/profile/Karoline Magalhaes/publication/313302649_Microalgas_ecologia_biodiversidade_e_imortancia/links/5894ec1d92851c8bb672d0a1/Microalgas-ecologia-biodiversi dadee-importancia.pdf. Acesso em: 14 mai. 2022.

[47] LUPATINI, A. L. Extração de proteínas e carboidratos da biomassa de Spirulina platensis e caracterização da fração proteica. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná/UTFPR, Medianeira, 2016. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/2180>. Acesso em: 18 jun. 2022.

[48] MACHADO, A. R. et al. Uma abordagem sobre caracterização e avaliação do potencial antioxidante de extratos fenólicos de microalgas Spirulina sp. LEB-18 e Chlorella pyrenoidosa. Revista de Ciências Agrárias, v. 40, n. 1, p. 264-278, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.19084/RCA16011>. Acesso em: 22 mai. 2022.

[49] MAEHRE, H. K. et al. Protein determination-method matters. Foods, v. 7, n. 1, p. 5, 2018. Disponível em: < https://doi.org/10.3390/foods7010005>. Acesso em: 22 jul. 2022.

[50] MANRICH, A. et al. Determinação da composição química da spirulina platensis. In: Embrapa Instrumentação - Artigo em anais de congresso. p. 116-120, 2014. 2014. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1004397/1/arq 19.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2022.

[51] MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Determinação de Nitrogênio Total em Leite e derivados Lácteos pelo método de Micro-Kjedahl. Laboratório Nacional Agropecuário - LANAGRO/RS, MET POA/11/02/01, p. 1-8, 2013. Disponível em: <http://www.agricultura. gov.br/assuntos/laboratorios/legislacoes-e-metodos/arquivosmetodos-da-area-poa-iqa/met-poa-11-02-proteinas.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2022.

[52] MARIOTTI, F., TOMÉ, D., MIRAND, P. P. Converting nitrogen into protein—beyond 6.25 and Jones' factors. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, v. 48, n. 2, p. 177-184, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10408390701279749>. Acesso em: 15 jun. 2022.

[53] MATOS, A. P. et al. Protein and lipid contents from Chlorella sp. cultivated in residual concentrated desalination/Teores de proteinas e lipideos de Chlorella sp. cultivada em concentrado de dessalinizacao residual. Ciência Rural, v. 45, n. 2, p. 364-371, 2015. Disponível em: <https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA442115742&sid=google Scholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=01038478&p=IFME&sw=w&userGroupName=lasera >. Acesso em: 11 jun. 2022.

[54] MATOS, A. P. et al. Chemical characterization of six microalgae with potential utility for food application. Journal of the American Oil Chemists' Society, v. 93, n. 7, p. 963-972, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11746-016-2849-y>. Acesso em: 14 jun. 2022.

[55] MIKKELSEN, S. R., CORTÓN, E. Bioanalytical Chemistry. Nova Jersey, John Wiley & Sons Inc, p. 322-345, 2004.

[56] MINGOTTI, R. Aumento do teor proteico da biomassa seca da cianobactéria Spirulina platensis por extração de carboidratos utilizando solvente. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná/UTFPR, Ponta Grossa, 2019. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/16505>. Acesso em: 15 jun. 2022.

[57] MOLINO, A. et al. Microalgae characterization for consolidated and new application in human food, animal feed and nutraceuticals. International Journal of Environmental Research and Public Health, v. 15, n. 11, p. 2436, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph15112436>. Acesso em: 11 ago. 2022.

[58] MOORE, J. C. et al. Total protein methods and their potential utility to reduce the risk of food protein adulteration. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, v. 9, n. 4, p. 330-357, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00114.x>. Acesso em: 11 ago. 2022.

[59] MOREIRA, L. M. Efeitos de diferentes concentrações de Spirulina nos perfis bioquímico, hematológico e nutricional de ratos wistar nutridos e desnutridos. 119f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande/UFRG, Rio Grande, 2010. Disponível em: <http://repositorio.furg.br/handle/1/2486>. Acesso em: 07 jun. 2022.

[60] MOSSÉ, J. Nitrogen-to-protein conversion factor for ten cereals and six legumes or oilseeds. A reappraisal of its definition and determination. Variation according to species and to seed protein content. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 38, n. 1, p. 18-24, 1990. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Nitrogen-to-protein-conversion-factor-for-ten-and-AMoss%C3%A9/174fef1aefeaec0f3fbc8c3583457 45c5173d3ec>. Acesso em: 19 jun. 2022.

[61] MOSTAFA, S. S. M. Microalgal Biotechnology: Prospects and Applications. Intech Open, London, UK, 2012.

[62] MOTA, M. F. S. et al. Colorimetric protein determination in microalgae (Chlorophyta): association of milling and SDS treatment for total protein extraction. Journal of Phycology, v. 54, n. 4, p. 577-580, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jpy.12754>. Acesso em: 21 jun. 2022.

[63] NICCOLAI, A. et al. Microalgae of interest as food source: Biochemical composition and digestibility. Algal

Research, v. 42, p. 101617, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.algal.2019.101617>. Acesso em: 11 ago. 2022.

[64] OGBONDA, K. H., AMINIGO, R. E., ABU, G. O. Influence of temperature and pH on biomass production and protein biosynthesis in a putative Spirulina sp. Bioresource Technology, v. 98, n. 11, p. 2207-2211, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.08.028>. Acesso em: 11 ago. 2022.

[65] OHSE, S. et al. Produção de biomassa e teores de carbono, hidrogênio, nitrogênio e proteína em microalgas/Produção de biomassa e teores de carbono, hidrogênio. Ciência Rural, v. 39, p. 1760-1767, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000600019>. Acesso em: 11 ago. 2022.

[66] OLSON, B., MARKWELL, J. Assays for determination of protein concentration. Current Protocols in Pharmacology, v. 38, n. 1, p. A. 3A. 1-A. 3A. 29, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/0471141755.pha03as38>. Acesso em: 20 jun. 2022.

[67] PALMA, M. Evaluación de la capacidad antioxidante in vitro de hidrolizados proteicos de Spirulina (Arthrospira maxima) y su efecto quimiopreventivo en cáncer de colon inducido con azoximetano. 113 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Escola Nacional de Ciências Biológicas, México, 2015. Disponível em: <http://rdcb.cbg.ipn.mx/handle/20.500.12273/713>. Acesso em: 02 jun. 2022.

[68] PEREIRA, M. I. B. Avaliação do cultivo mixotrófico da Spirulina platensis (Arthrospira platensis) utilizando soro de queijo mozarella de búfala como fonte de carbono orgânico. 75f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/26325>. Acesso em: 02 jun. 2022.

[69] PEREIRA, L. T. et al. Extração de Proteínas da Microalga Spirulina e Análise da Atividade Antimicrobiana da Fração Proteica. In: 2° Fórum Integrado da Pós-Graduação. 2018. Disponível em: <https://proxy.furb.br/soac/index.php/fip/2fip/paper/view/3251>. Acesso em: 08 jun. 2022.

[70] PERON, B. C. Frações residuais do processo de extração de proteínas da biomassa de Spirulina platensis como matéria-prima para produção de bioetanol. 67 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3950>. Acesso em: 11 ago. 2022.

[71] RAPOSO, M. F. J., MORAIS, R. M. S. C., MORAIS, A. M. M. B. Health applications of bioactive compounds from marine microalgae. Life Sciences, v. 93, n. 15, p. 479-486, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2013.08.002>. Acesso em: 02 jun. 2022.

[72] RAVEN, J. A. et al. The role of trace metals in photosynthetic electron transport in O2-evolving organisms. Photosynthesis Research, v. 60, n. 2, p. 111-150, 1999. Disponível em:<https://doi.org/10.1023/A:1006282714942> Acesso em: 04 jul. 2022.

[73] RICO, A. O. Otimização da produção de biomassa de microalgas em sistema biológico de tratamento de gases de uma churrascaria. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em:<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/1209> Acesso em: 11 ago. 2022.

[74] RODRIGUES, D. B. et al. Bioactive pigments from microalgae Phormidium autumnale. Food Research International, v. 77, p. 273-279, 2015. Disponível em:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.04.027> Acesso em: 15 out. 2022.

[75] RUGGIERO, M. A. et al. A higher-level classification of all living organisms. Plos One, v. 10, n. 4, p. e0119248, 2015. Disponível em:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119248> Acesso em: 10 jul. 2022.

[76] SAFI, C. et al. Influence of microalgae cell wall characteristics on protein extractability and determination of nitrogen-to-protein conversion factors. Journal of Applied Phycology, v. 25, n. 2, p. 523-529, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10811-012-9886-1>. Acesso em: 15 jun. 2022.

[77] SALTER, A. M., LOPEZ-VISO, C. Role of novel protein sources in sustainably meeting future global requirements. Proceedings of the Nutrition Society, v. 80, n. 2, p. 186-194, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0029665121000513>. Acesso em: 22 jul. 2022.

[78] SANCHÉZ, J. et al. Biomass resources. In: The Role of Bioenergy in the Bioeconomy. Cambridge: Academic Press, p. 25-111, 2019.

[79] SANTANA, H. et al. Microalgae cultivation in sugarcane vinasse: Selection, growth and biochemical characterization. Bioresource Technology, v. 228, p. 133-140, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.12.075>. Acesso em: 07 jun. 2022.

[80] SHEEHAN, J. et al. A look back at the US Department of Energy's aquatic species program: biodiesel from algae. National Renewable Energy Laboratory, v. 328, p. 1-294, 1998. Disponível em: < https://doi.org/10.2172/15003040>. Acesso em: 01 jun. 2022.

[81] SILVA, D. L. B. Produção de proteína da microalga Haematococcus pluvialis cultivada em diferentes meios de

cultura. f. 51. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2020. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/vtt-218126>. Acesso em: 11 ago. 2022.

[82] SIMÃO, B. L. Pirólise de Spirulina maxima: valores de energia de ativação e catálise in-situ aumentando a seletividade para hidrocarbonetos aromáticos. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia/UFU, Uberlândia, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/28333>. Acesso em: 25 jun. 2022.

[83] SLOCOMBE, S. P. et al. A rapid and general method for measurement of protein in micro-algal biomass. Bioresource Technology, v. 129, p. 51-57, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.10.163>. Acesso em: 15 jun. 2022.

[84] SOARES, H. et al. Comparação de metodologias para determinação de n-total em tecido vegetal. In: XIII JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – JEPEX, 2013. Disponível em: <http://www.eventosufrpe.com.br/2013/cd/resumos/R0393-1.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2022.

[85] SOARES, L. S. Revisão teórica: cultivo de microalgas para a produção de carotenoides. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia) – Universidade Estadual Paulista. "Júlio de Mesquita Filho". Faculdade de Ciências Farmacêuticas, 2021. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/216523>. Acesso em: 21 mai. 2022.

[86] SPÍNOLA, M. P. F. Novos Ingredientes na Alimentação de Cães-O Potencial das Microalgas. 42 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Medicina Veterinária) - Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Porto, 2021. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/133050/2/448906.pdf >. Acesso em: 10 jun. 2022.

[87] SPOLAORE, P., JOANNIS-CASSAN, C., DURAN, E. Commercial applications of microalgae. Journal of Bioscience and Bioengineering, v. 101, n. 2, p. 87-96, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1263/jbb.101.87>. Acesso em: 16 jun. 2022.

[88] SU, Y. et al. Progress of microalgae biofuel's commercialization. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 74, p. 402-411, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.078>. Acesso em: 19 jun. 2022.

[89] TELES, V. C. Caracterização da biomassa das microalgas Micractinium sp. e Chlamydomonas biconvexa cultivadas em vinhaça e CO2 para aplicações biotecnológicas. 64f. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia) - Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2016. Disponível em:<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142849/1/Dissertacao-Orientador-Bruno-Brasil-Valerya-Teles-2016.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2022.

[90] TEMPLETON, D. W., LAURENS, L. M. Nitrogen-to-protein conversion factors revisited for applications of microalgal biomass conversion to food, feed and fuel. Algal Research, v. 11, p. 359-367, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.algal.2015.07.013>. Acesso em: 02 jul. 2022.

[91] TOKUŞOGLU, Ö., ÜUNAL, M. K. Biomass nutrient profiles of three microalgae: Spirulina platensis, Chlorella vulgaris, and Isochrisis galbana. Journal of Food Science, v. 68, n. 4, p. 1144-1148, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb09615.x>. Acesso em: 11 ago. 2022.

[92] TORRES, H. S., CASSINI, S. T. A., GONÇALVES, R. F. Isolamento, sobrevivência e caracterização da biomassa de microalgas cultivadas em efluente de tratamento de esgoto sanitário visando a produção de biocombustíveis. IX Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, Porto Alegre: ABES, 2014. Disponível em: <https://silo.tips/download/isolation-survival-and-characterization-of-biomass-microalgae-cultured-in-wastew>. Acesso em: 11 ago. 2022.

[93] UNITED NATIONS. Revision of World Population Prospects, United Nations. v. 1, n. 6042, p. 587-92, 2015. Disponível em: <https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/ files/keyfindingswpp2015.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2022.

[94] VAN DER SPIEGEL, M., NOORDAM, M., VAN DER FELS-KLERX, H. J. Safety of novel protein sources (insects, microalgae, seaweed, duckweed, and rapeseed) and legislative aspects for their application in food and feed production. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, v. 12, n. 6, p. 662-678, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12032>. Acesso em: 05 jun. 2022.

[95] VIEIRA, A. F. Metodologias para determinação de nitrogênio. Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 8, n. 2. 2016. Disponível em: <http://seer.unipampa.edu.br/index.php/siepe/article/view/18314>. Acesso em: 19 mai. 2022.

[96] WAGHMARE, A. G. et al. Concentration and characterization of microalgae proteins from Chlorella pyrenoidosa. Bioresources and Bioprocessing, v. 3, n. 1, p. 1-11, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40643-016-0094-8>. Acesso em: 19 jun. 2022.

[97] WALKER, J., WILSON, K. Protein Structure, Purification, Characterisation and Function Analysis. In Principles and Techniques of Biochemistry and Molecular Biology, 7th ed., 300–351, 2010. Cambridge: Cambridge University

Press.

[98] WELLS, M. L. et al. Algae as Nutritional and Functional Food Sources: Revisiting Our Understanding. Journal of Applied Phycology, v. 29, n. 2, p. 949-982, 2017. Disponível em: <doi:10.1007/s10811- 016-0974-5>. Acesso em: 07 jun. 2022.

[99] WORLD HEALTH ORGANIZATION. Nitrogen and protein content measurement and nitrogen to protein conversion factors for dairy and soy protein-based foods: a systematic review and modelling analysis. p. 83, Geneva, World Health Organization, 2019. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/331206>. Acesso em: 18 mai. 2022.

[100] YEH, K. L., CHANG, J. S., CHEN, W. M. Effect of light supply and carbon source on cell growth and cellular composition of a newly isolated microalga Chlorella vulgaris ESP-31. Engineering in Life Sciences, v. 10, n. 3, p. 201-208, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/elsc.200900116>. Acesso em: 11 ago. 2022.

[101] ZAIA, D. A. M., LICHTIG, J. Determinação de proteínas totais via espectrofometria: vantagens e desvantagens dos métodos existentes. Química Nova, 21(6), 787–793, 1998. Disponível em: <doi:10.1590/s0100-40421998000600020>. Acesso em: 14 jun. 2022.

Capítulo 15

Revisão: Compostos fenólicos e métodos de determinação da atividade antioxidante em extratos vegetais

Valesca Kotovicz
Yara Chayen Almeida do Nascimento
Michele Cristiane Mesomo Bombardelli

Resumo: Estruturalmente os compostos fenólicos são definidos como substâncias que possuem anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais. Dentre eles destacam-se os flavonóides, ácidos fenólicos, fenóis simples, cumarinas, taninos, ligninas e tocoferóis. Os fenólicos englobam desde moléculas simples até moléculas com alto grau de polimerização. Estão presentes nos vegetais na forma livre ou ligados a açúcares e proteínas. Os compostos fenólicos são incluídos na categoria de interruptores de radicais livres, sendo muito eficientes na prevenção da autoxidação. O poder antioxidante dos fenólicos se dá por diversos mecanismos, como a capacidade de capturar radicais livres, o poder de redução, a capacidade de formar complexos com metais, remover o oxigênio e decompor hidroperóxidos. Por meio destes mecanismos de ação, os antioxidantes presentes em extratos de plantas possuem um papel importante na redução da oxidação de diversos alimentos, conservando a qualidade dos alimentos.

Palavras-chave: fitoquímicos, polifenóis, radical livre, extratos.

1. INTRODUÇÃO

Os compostos fenólicos são estruturas químicas que apresentam hidroxilas e anéis aromáticos, nas formas simples ou de polímeros, que conferem capacidade antioxidante deste grupo. Entre estes compostos destacam-se os flavonóides, os ácidos fenólicos, os taninos e os tocoferóis, que apresentam poder antioxidante. Estes compostos podem ser sintéticos ou de fontes naturais, sendo as frutas e hortaliças, folhas, flores e sementes importantes fontes naturais de polifenóis (ANGELO; JORGE, 2007).

Inúmeros estudos realizados *in vitro* com diferentes matérias-primas já demonstraram que a atividade antioxidante destes compostos pode ser avaliada por diversos métodos, envolvendo diferentes mecanismos. Estes compostos agem reduzindo íons metálicos, combatendo radicais livres por meio da doação de um átomo de H de um grupo hidroxila (OH) da sua estrutura aromática, absorvendo e diminuindo a concentração de oxigênio, quelando íons metálicos e/ou decompondo produtos primários a compostos que não são radicais (MACIEL *et al.*, 2018; SUCUPIRA *et al.*, 2012; ALVES *et al.*, 2010).

O presente trabalho apresenta uma breve revisão sobre os compostos fenólicos e suas fontes naturais, e as principais metodologias usadas para a determinação de fenólicos e da capacidade antioxidante de extratos obtidos de fontes vegetais ricas em polifenóis.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa compreendeu uma revisão de literatura sobre os compostos bioativos, com destaque para os compostos fenólicos, e sua capacidade de exercer atividade antioxidante em alimentos e bebidas.

A metodologia utilizada foi do tipo pesquisa de literatura na qual foram realizadas buscas em livros e artigos científicos em bases de dados científicas, usando termos relacionados a temática do trabalho. Os artigos científicos foram selecionados de acordo com a relevância em relação ao tema proposto e os resultados foram agrupados, visando produzir uma revisão com conceitos sobre compostos fenólicos e descrição das principais metodologias aplicadas na determinação da atividade antioxidante destes compostos em alimentos, com ênfase para alimentos de origem vegetal.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

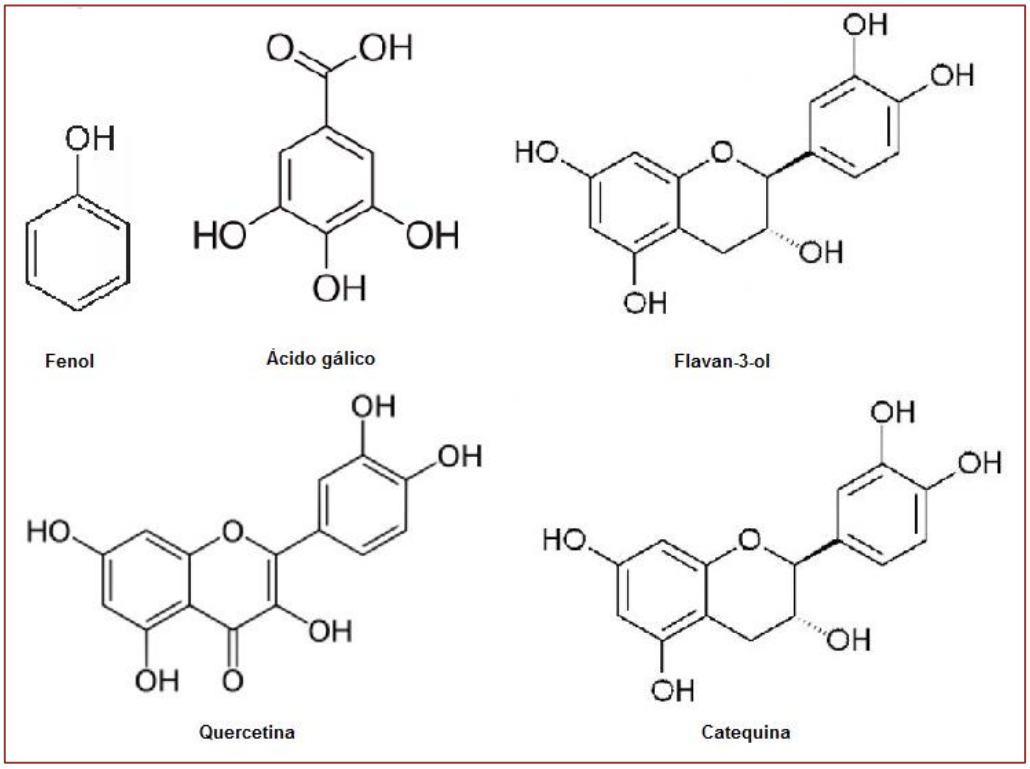
3.1. COMPOSTOS FENÓLICOS E ANTIOXIDANTES

Os compostos bioativos são constituintes nutracêuticos, que geralmente são encontrados em pequenas quantidades nos alimentos. São considerados compostos orgânicos, comumente metabólitos secundários das plantas, de baixo peso molecular e que não são sintetizados pelo organismo humano. Quando consumidos diariamente e em quantidades significativas na alimentação, promovem a saúde, previnem doenças e desempenham atividade biológica, com destaque para a atividade antioxidante (PASCOAL *et al.*, 2016; SRINIVASAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). Estes fitoquímicos são encontrados em frutas (SHANG *et al.*, 2021; GUO, et al., 2021), hortaliças, cereais (XIONG *et al.*; 2021), cogumelos (SHARPE *et al.*, 2021), bebidas como chás e vinhos, a ainda em partes não comestíveis das plantas como folhas (ARUMUGAM; SARIKURKCU; OZER, 2021), flores (MACIEL *et al.*, 2018), raízes e sementes (ZHAN, *et al.*, 2021).

A legislação brasileira na RDC n° 243/2018 (BRASIL, 2018) define as substâncias bioativas como nutrientes ou não nutrientes consumidos normalmente como componentes de um alimento, que possui ação metabólica ou fisiológica específica no organismo humano. Além do consumo em dietas, as substâncias bioativas podem ser consumidas em suplementos alimentares. Horst (2013) classificou os compostos bioativos (fitoquímicos) em três grandes grupos: polifenóis (compostos fenólicos), glicosinolatos e carotenóides. Este trabalho tem o objetivo de aprofundar o estudo dos compostos fenólicos.

Os compostos fenólicos, também chamados de polifenóis, são moléculas que apresentam uma ou mais hidroxilas (OH) ligadas ao anel benzênico na forma simples (mono) ou de polímeros (Figura 1). Os grupos hidroxila se comportam como complexantes e bloqueadores de radicais livres, conferindo assim atividade antioxidante aos polifenóis (ANGELO; JORGE, 2007; FARAH; DONANGELO, 2006). Essas substâncias agem reduzindo a velocidade de oxidação, por um ou mais mecanismos, como sequestradores de radicais livres, complexação com metais e redução de oxidantes (DUARTE-ALMEIDA *et al.*, 2006).

Figura 1. Estrutura química de diferentes substâncias fenólicas.



Os compostos fenólicos variam entre solúveis em lipídeos e solúveis em água, e podem ser classificados em naturais e sintéticos. Entre os compostos fenólicos sintéticos, os de maior realce são o propilgalato (PG), o 3-terc-butil-4-hidroxianisol (BHA), o diterc-butil fenol (BHT), o terc-butil-hidroquinona (TBHQ) e os tocoferóis (PASCOAL *et al.*, 2016). Entretanto, devido a potencial toxicidade da grande maioria dos conservantes sintéticos, as pesquisas sobre fontes de antioxidantes naturais têm recebido destaque.

Entre os compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos podem ser citados os flavonoides, os ácidos fenólicos, os taninos e os tocoferóis. A Tabela 1 apresenta alguns exemplos de substâncias fenólicas e suas respectivas fontes naturais (ANGELO; JORGE, 2007; NACZK; SHAHIDI, 2006). Os flavonoides são pigmentos de tons azul e vermelho (antocianinas) e amarelo (antoxantinas) e estão presentes em diversas flores, frutos e folhas. Os ácidos fenólicos são substâncias que contêm além do anel fenólico o grupamento ácido carboxílico. Podem ser encontrados ácidos mono, di ou tri-hidroxibenzoicos, e estes ácidos fenólicos são obtidos por meio de processo de hidrólise de substâncias complexas, como os taninos. As especiarias, como alecrim, sálvia e tomilho são importantes fontes de ácidos fenólicos (SMAIL; MARJAN; FOONG, 2004).

Tabela 1. Exemplos de substâncias fenólicas e algumas de suas fontes naturais

Substância Fenólica	Fontes Naturais
Ácido Gálico	Manga, bagaço de uvas, bagaço e pedúnculo do caju
Flavonóis	Chás (verde e preto), vinho tinto
Quercetina	Alho, brócolis, chás, vinho tinto, bagaço de uva
Ácido clorogênico	Maçãs, cerejas, ameixas, pêssegos, damascos, mirtilo, anis, batata
Ácido elágico	Morango, amora-preta, groselha-preta, framboesa
Ácido cafeico	Aveia, uvas claras, azeite de oliva, espinafre, repolho, aspargos, café, alface
Ácido ferúlico	Aveia, trigo, milho, arroz, tomates, espinafre, aspargos, repolho
Cianidina (antocianidina)	Cerejas, framboesas, uvas, morangos
Catequina	Suco de uva, vinho tinto, cacau, maçã, cereja, damasco

Fonte: PASCOAL *et al.*, 2016.

Os taninos compreendem uma classe de substâncias fenólicas de alta massa molecular, e estão amplamente distribuídos nos vegetais. Os taninos podem ser classificados como hidrolisáveis, dos quais são geradas moléculas pequenas, como ácido gálico e ácido elágico, ou condensados, que apresentam estrutura com duas ou mais cadeias de flavan-3-óis e/ou flavan-3,4-dióis (MONTEIRO *et al.*, 2005).

3.2. DETERMINAÇÃO ANALÍTICA DE COMPOSTOS FENÓLICOS E ANTIOXIDANTES

A determinação analítica do teor de compostos fenólicos e antioxidantes é realizada em extratos obtidos da matriz vegetal com solventes apropriados. A extração é uma etapa fundamental para garantir a correta determinação. A solubilidade dos compostos fenólicos e antioxidantes varia de acordo com a polaridade do solvente, assim os solventes mais utilizados são metanol, etanol, acetona, água, acetato de etila, propanol, dimetilformaldeído e suas combinações (PASCOAL *et al.*, 2016).

Os compostos fenólicos são normalmente quantificados por meio de métodos espectroscópicos, sendo os métodos de Folin-Denis e de Folin-Ciocalteau os mais utilizados. O método de Folin-Ciocalteau é empregado com o objetivo de detectar todas as classes de compostos poli-hidroxifenólicos. Como o reagente de Folin-Ciocalteau reage com compostos não fenólicos, mas que também apresentam atividade antioxidante e tem correlação com métodos utilizados para determinação da atividade antioxidante, tal método é comumente utilizado para determinar a capacidade antioxidante total (EVERETTE *et al.*, 2010; PASCOAL *et al.*, 2016).

O método chamado de Folin-Denis, está baseado na redução do ácido fosfomolíbdico-fosfotúngstico pelas hidroxilas fenólicas, produzindo um complexo de coloração azul que absorve em comprimento de onda de 725 nm. A reação ocorre em meio alcalino e a solução saturada de carbonato de sódio é a base mais indicada. No entanto, não é um método específico, pois determina todos os fenólicos presentes, além de substâncias redutoras adicionadas aos alimentos ou naturalmente presentes que podem interferir nos resultados (ANGELO; JORGE, 2007).

Price e Butler (1977) desenvolveram um método fundamentado na redução do íon férrico a íon ferroso pelas hidroxilas fenólicas, seguido pela formação de um complexo de ferrocianeto ferroso, conhecido como azul da Prússia, que apresenta um máximo de absorção a 720 nm. A habilidade dos compostos fenólicos reduzirem o íon férrico depende da hidroxilação e do grau de polimerização destes compostos.

Além dos métodos espectrofotométricos, métodos de separação de alta performance como cromatografia líquida (HPLC) (ARUMUGAM; SARIKURKCU; OZER, 2021), cromatografia gasosa (CG) e eletroforese capilar também podem ser utilizados para quantificar compostos fenólicos com maior precisão (STRATIL; KLEJDUS; KUBAANY, 2006). Porém a utilização desses métodos requer o uso de equipamentos e reagentes de custo mais elevado o que em alguns casos dificulta sua aplicação.

De acordo com o mecanismo de ação, os compostos antioxidantes podem ser classificados em primários ou secundários. Os primários interrompem a cadeia de reação, por meio da doação de elétrons ou de H aos radicais livres, estabilizando-os. Os fenóis são os principais compostos classificados como primários. Os antioxidantes considerados secundários atuam retardando a etapa de iniciação da auto-oxidação, por diferentes mecanismos, como complexação com metais, remoção de oxigênio, decomposição de hidroperóxidos, absorção de radiação ultravioleta ou desativação de oxigênio singlete. Exemplos destas substâncias são o ácido ascórbico, ácido cítrico e ácido eritórbico (PASCOAL *et al.*, 2016; ARAUJO, 2004).

Entre os métodos mais aplicados para determinar a atividade antioxidante em alimentos e bebidas estão os métodos baseados no poder de redução, com o FRAP (ferric reducing antioxidant power), os métodos baseados na captura de radicais como o ABTS (2,2-azino-bis 3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) e o DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila) e baseado na capacidade de absorção de radicais de oxigênio - ORAC (ARUMUGAM; SARIKURKCU; OZER, 2021, ALVES *et al.*, 2010).

O método FRAP tem sido utilizado para medir a capacidade antioxidante de plantas e frutos. Nesse método, o complexo férrico-tripiridiltriazina (FeIII-TPZ) é reduzido ao complexo ferroso (FeII-TPZ), quando há um composto antioxidante, em condições ácidas. O complexo formado nessa reação apresenta uma coloração azul intensa, com absorção máxima em 593 nm (PASCOAL *et al.*, 2016; SUCUPIRA *et al.*, 2012; ALVES *et al.*, 2010).

O método ABTS baseia-se na habilidade de os antioxidantes capturarem o cátion ABTS•+, provocando um decréscimo na absorbância, que é lida a partir da mistura do radical com o antioxidante. Este método pode ser aplicado tanto em amostras hidrossolúveis quanto em lipossolúveis, apresenta excelente estabilidade, boa solubilidade e resultados reprodutíveis. Tem sido empregado em vários tipos de frutos, como acerola,

goiaba e pitanga (LIMA, 2008; SUCUPIRA *et al.*, 2012; ALVES *et al.*, 2010).

A investigação da atividade antioxidante é comumente realizada aplicando-se o método DPPH. Sua larga utilização se deve a rapidez, praticidade e boa estabilidade. O DPPH (2,2-difenil-1-picrilidrazil) é um radical de nitrogênio orgânico, estável, de cor violeta. O método está baseado no sequestro do radical livre DPPH por antioxidantes, resultando em decréscimo da absorbância no comprimento de onda de 515 nm (BRAND-WILLIAN; CUVELIER; BERSET, 1995). Na presença de um doador de hidrogênio ou elétron a intensidade de absorção diminui e a solução com o radical perde a cor, tornando-se amarela, de acordo com o número de elétrons capturados, ou seja, quando o elétron desemparelhado do átomo de nitrogênio no DPPH recebe um átomo de hidrogênio proveniente de compostos antioxidantes, ocorre a mudança de cor (SUCUPIRA *et al.*, 2012; ALVES *et al.*, 2010).

Vale mencionar que não existe um método melhor ou pior que o outro, apenas o método mais indicado para cada tipo de amostra, de acordo com a composição do alimento e quais os compostos com atividade antioxidante presentes, além da presença de compostos hidrofílicos ou lipofílicos.

4. CONCLUSÕES

Vários estudos tem demonstrado a importância de dietas ricas em frutas e vegetais, por serem fontes de compostos bioativos, e apresentarem comprovada presença de substâncias antioxidantes. Estas substâncias combatem os radicais livres e desta forma, auxiliam na conservação da qualidade dos alimentos e promoção da saúde.

Para avaliar a capacidade antioxidante das matérias-primas vegetais, diversos métodos de análise *in vitro* tem sido propostos. Devido aos diversos tipos de radicais e aos diferentes alvos de oxidação, dificilmente haverá um único método capaz de representar de forma segura e precisa a real atividade antioxidante de todos os tipos de amostras.

REFERÊNCIAS

[1] ALVES, C. Q.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P.; BAHIA, M. V.; AGUIAR, R. M. Métodos para determinação de atividade antioxidante in vitro em substratos orgânicos. Química Nova, v. 33, p. 2202-2210, 2010.

[2] ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – uma breve revisão. Revista Instituto Adolfo Lutz, v. 66, p. 1-9, 2007.

[3] ARAUJO, J. M. A. Química de alimentos: teoria e prática. 3 ed. Revisada e Ampliada. Viçosa: UFV, 2004.

[4] ARUMUGAM, R.; SARIKURKCU, C.; OZER, M.S. Comparison of methanolic extracts of Doronicum orientale and Echium angustifolium in terms of chemical composition and antioxidant activities. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, v. 33, 2021.

[5] BRAND-WILLIAN, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of the free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensmittel-Wisschenschaft und Technology, v.28, p. 25-30, 1995.

[6] BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional da Vigilância Sanitária. Resolução RDC n° 243, de 26 de julho de 2018. Requisitos Sanitários dos suplementos alimentares.

[7] DUARTE-ALMEIDA, J. M.; SANTOS, R. J.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β-caroteno/ácido linoleico e método de sequestro de radicais DPPH. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 26, p. 446-452, 2006.

[8] EVERETTE, J. D.; BRYANT, Q. M.; GREEN, A. M.; ABBEY, Y. A.; WANGILA, G. W.; WALKER, R. B. Thorough study of reactivity of various compound classes toward the Folin-Ciocalteau reagent. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 58, p. 139-144, 2010.

[9] GUO, C.; BI, J.; LI, X.; LYU, J.; XU, Y.; HU, J. Investigation on the phenolic composition, related oxidation and antioxidant activity of thinned peach dried by different methods. LWT – Food Science and technology, v. 147, 2021.

[10] FARAH, A.; DONANGELO, C. M. Phenolic compounds in coffee. Brazilian Journal of Plant Physiology, v. 18, p. 23-36, 2006.

[11] HORST, M. A. Compostos bioativos de alimentos. In: Cozzolino S.M.F., Cominetti C. Bases bioquímicas e fisiológicas da nutrição: nas diferentes fases da vida, na saúde e na doença. Barueri: Manole, 2013. p. 593-615.

[12] LIMA, A. Caracterização química, avaliação da atividade antioxidante in vitro e in vivo, e identificação dos compostos fenólicos presentes no pequi (Caryocar brasilienses, camb). Tese. São Paulo, USP, 2008.

[13] MACIEL, L. G.; CARMO, M. A. V.; AZEVEDO, L.; DAGUER, H.; MOLOGNONI, L.; ALMEIDA, M. M.; GRANATO, D.; ROSSO, N. D. Hibiscus sabdariffa anthocyanins-rich extract: Chemical stability, in vitro antioxidant and antiproliferative activities. Food and Chemical Toxicology, v. 113, p. 187-197, 2018.

[14] MONTEIRO, J. M.; ALBUQUERQUE, V. P.; ARAÚJO, E. L.; AMORIM, E. L. C. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. Alimentos e Nutrição, v, 28, p. 892-896, 2005.

[15] NACZK, M.; SHAHIDI, F. Phenolics in cereals, fruits, and vegetables: occurrence, extration and analysis. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, v. 41, p. 1523-1542, 2006.

[16] PASCOAL, G. B.; SILVA, C. O.; PAZ, J. G.; PACHECO, P. Alimentos funcionais. In: Silva C.O., Tassi E.M.M., Pascoal G.B. Ciência dos Alimentos: Princípios de Bromatologia. Rio de Janeiro: Rubio, 2016. p. 141-160.

[17] PRICE, M.L.; BUTLER, L. G. Rapid visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content in sorghum grain. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 25, p.1268-1270, 1977.

[18] SHANG, F.; LIU, R.; WU, W.; HAN, Y.; FANG, X.; CHEN, H.; GAO, H. Effects of melatonin on the components, quality and antioxidant activities of blueberry fruits. LWT – Food Science and Technology, v. 147, 2021.

[19] SHARPE, E.; FARRAGHER-GNADT, A. P.; IGBANUGO, M.; HUBER, T.; MICHELOTTI, J. C.; MILENKOWIC, A.; LUDLAM, S.; WALKER, M.; HANES, D.; BRADLEY, R.; BOU-ABDALLAH, F. Comparison of antioxidant activity and extraction techniques for commercially and laboratory prepared extracts from six mushroom species. Journal of Agriculture and Food Research, v. 4, 2021.

[20] SMAIL, A.; MARJAN, Z. M.; FOONG, C. W. Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. Food Chemestry, v, 87, p. 581-586, 2004.

[21] SRINIVASAN, D.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O.R. Química de Alimentos de Fennema. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

[22] STRATIL, P. ; KLEJDUS, B. I. ; KUBAANY, V. Determination of total content of phenolic compounds and their antioxidant activity in vegetables evaluation of spectrophotometric methods. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 54, p. 607-616, 2006.

[23] SUCUPIRA, N. R.; da SILVA, A. B.; PEREIRA, G.; da COSTA, J. N. Métodos para determinação da atividade antioxidante de frutos. Unopar Científica. Ciências Biológicas e da Saúde, v. 14, p. 263-269, 2012.

[24] XIONG, Y,; TEIXEIRA, V. D.; ZHANG, P.; WARNER, R. D.; SHEN, S.; FANG, Z. Cellular antioxidant activities of phenolic extracts from five sorghum grain genotypes. Food Biosciense, v, 41, 2021.

[25] ZHAN, Q.; WANG, Q.; LIU, Q.; GUO, Y.; GONG, F.; HAO, L.; WU, H.; DONG, Z. The antioxidant activity of protein fractions from Sacha inchi seeds after a simulated gastrointestinal digestion. LWT – Food Science and Technology, v. 145, 2021.

Autores

AUTORES

ALINE FINATTO ALVES

Tecnóloga em Alimentos pela Universidade Federal de Santa Maria (2014), licenciada pelo Programa Especial de Graduação de Formação de Professores para a Educação Profissional e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Maria (2016). Atualmente é mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos na Universidade Federal de Santa Maria e cursa Especialização em Tecnologia de Bebidas Alcoólicas pelo Instituto Federal de Santa Catarina. Pesquisa nas áreas de microbiologia, controle de qualidade, bebidas com ênfase em cerveja.

ALINE PACHECO ALBUQUERQUE

Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2021). Mestra em Engenharia Agrícola na área de Processamento e Armazenamento de produtos agrícolas na Universidade Federal de Campina Grande (2017). Graduada no curso de Química Industrial pela Universidade Estadual da Paraíba (2013). Bolsista no programa Ciências sem Fronteiras mobilidade Graduação Sanduíche no Exterior, no curso de Química Tecnológica na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa em Portugal (2012). Já atuou como técnica de laboratório no Núcleo de Pesquisa e Extensão em Alimentos (NUPEA) possui experiência no desenvolvimento de atividades nas áreas de análises químicas, físicas, físico-químicas e microbiológicas de água e alimentos, elaboração de novos produtos e tecnologia dos processos fermentativos.

ANA PAULA TRINDADE ROCHA

Graduada em Engenharia Química pela Universidade Federal da Paraíba UFPB (2000). Mestre em Engenharia Química (2002) e Doutora em Engenharia de Processos (2006) pela Universidade Federal de Campina Grande. Pós-doutora pela Newcastle University - Inglaterra (2014). Atualmente é Professora Associada da Universidade Federal de Campina Grande - Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos. Atua no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos e no programa de pós-graduação em Engenharia de Processos na mesma Instituição. Possui experiência na área de secagem em leitos fixos e leitos fluidodinamicamente ativos (leito fluidizado e leito de jorro), processamento e análise de alimentos, processamento e identificação de princípios ativos de plantas nativas do semiárido nordestino e aproveitamento de resíduos agroindustriais.

ANDRÉA GOMES DA SILVA

Doutora em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (2010), mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa (2001), graduada em Economia Doméstica pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (1996/1997) . Atualmente é Professora Titular do Departamento de Tecnologia Rural e Animal da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB. Tem experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: Pigmentos naturais, Processamento de frutas e hortaliças, Segurança do Alimento e Sistemas Agroalimentares, Sistemas da Qualidade

ANDRÉIA CIROLINI

Possui graduação em Nutrição pela Universidade Franciscana (2004), mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos pela Universidade Federal de Santa Maria (2008), doutorado em Ciências dos Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina (2012) e licenciada pelo Programa Especial de Graduação de Formação de Professores para a Educação Profissional e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) (2013). Professora Adjunta da Universidade Federal de Santa Maria, atuando na área de Nutrição e Ciência e Tecnologia de Alimentos, participa de projetos de pesquisa e extensão com ênfase em rotulagem de alimentos e desenvolvimento de produtos agroindustriais.

AUTORES

ANDRIELLY ROSA DE LIMA

Discente do Programa de Pós-Graduação Multicampi em Tecnologia de Alimentos - campus Francisco Beltrão / campus Londrina (PPGTAL) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Londrina

ÂNGELA MORAES TEIXEIRA

Possui graduação em engenharia de alimentos - Departamento de Química (1995), mestrado em Ciência dos Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina (1999) e doutorado em Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas (2011). Atualmente é professora na Universidade Estadual do Centro-Oeste. Tem experiência na área de Engenharia de Alimentos, atuando principalmente nos seguintes temas: nanocompósitos, análise sensorial e controle de qualidade.

BÁRBARA ESTEVAO CLASEN

Bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq nível 2. Professora na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), onde lidera o Grupo de Pesquisa em Toxicologia Ambiental (CNPq). É docente orientadora do Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sustentabilidade/UERGS, e do PPG Engenharia Ambiental/UFSM. É membro do corpo editorial das revistas: Integrated Environmental Assessment and Management (IEAM) e Ecotoxicology and Environmental Contamination (EEC).

CAMILLY EMANUELA DO NASCIMENTO SANTOS

Graduanda em Nutrição pela Universidade Federal do Pará (UFPA)

CANDICE DIAS SOARES

Técnica de laboratório/especialista em agroindústria do Curso de Engenharia de Alimentos, Unipampa Bagé.

CARINA FACCIO

Graduação e Mestrado em Engenharia de Alimentos pela Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI e Doutorado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Atualmente é Professora do Instituto Federal do Rio Grande do Sul - Campus Erechim, no curso superior em Engenharia de Alimentos e no curso Técnico em Alimentos. Ministra disciplinas na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos.

CAROLINE DOS SANTOS GIULIANI

Nutricionista graduada pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) (2015). Licenciada em Nutrição pelo Programa Especial de Graduação de Formação de Professores para a Educação Profissional e Tecnológica - PEG - UFSM (2016). Técnica em Alimentos pelo Colégio Politécnico da UFSM (2018). Mestra em Ciência e Tecnologia dos Alimentos (PPGCTA - UFSM) (2020). Especialista em Estatística e Modelagem Quantitativa (UFSM) (2022). Especialista em Ciência dos Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel) (2022). Atualmente é doutoranda em Ciência e Tecnologia dos Alimentos (PPGCTA - UFSM). Exerce o cargo efetivo de Nutricionista na Prefeitura Municipal de Unistalda/RS e Prefeitura Municipal de Dona Francisca/RS, atuando no Sistema Único de Saúde (SUS) e Responsável Técnica (RT) pelo Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) nos municípios.

CLAUDIO HENRIQUE FONSECA DE LIMA

Graduando em Nutrição pela Universidade Federal do Pará (UFPA)

AUTORES

CRISTIANE FAGUNDES

Graduação, Mestrado e Doutorado em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Atualmente é Professora do Instituto Federal Catarinense- Campus Concórdia, no curso superior em Engenharia de Alimentos e no curso Técnico em Alimentos. Ministra disciplinas na área de Engenharia, Ciência e Tecnologia de Alimentos.

CRISTIANE SILVA RODRIGUES STAFFEN

Graduada em nutrição pela UNIJUÍ, especialista em Saúde Pública e da Família pela FACINTER e Segurança Alimentar e Agroecologia pela UERGS. Já atuou como nutricionista responsável técnica pela Alimentação escolar nos Municípios de Três Passos/RS (escolas estaduais) e Crissiumal/RS (escolas municipais). Atualmente, atua como nutricionista concursada na Saúde Pública/Crissiumal.

DANNI MAÍSA DA SILVA

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria (2000), Mestrado em Agronomia (2002) e Doutorado em Ciência do Solo (2015), pela mesma instituição. Atuou como extensionista rural, pela EMATER/RS-ASCAR, por cerca de 6,5 anos. É Professora Adjunta em Ciência do Solo na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (Uergs) há 16 anos, lotada na Unidade em Três Passos.

DEJANIR PISSININ

Possui graduação em Agronegócio pelo Centro de Ensino Superior de Maringá (2012) e especialização em MBA em Agronegócio (2014), tendo também formação como Técnico em Agropecuária e Agroindústria pela Universidade Federal de Santa Maria. Atualmente é Técnico em Agropecuária da Universidade Federal de Santa Maria. Tem experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos.

DOUGLAS VINICIUS PINHEIRO DE FIGUEIREDO

Possui graduação em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e mestrado em Engenharia Agrícola na área de concentração de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas também pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Integrou o programa de monitoria da UFCG, como monitor da disciplina Processamento de Alimentos de Origem Animal. Participou do Programa Institucional Voluntário de Iniciação Científica no período de 2016 à 2017 e participou do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica no período de 2017 à 2018. É atualmente doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (UFCG), na área de concentração de Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas.

EDUARDO HUBER

Graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Mestrado e Doutorado em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Atualmente é Professor do Instituto Federal Catarinense - Campus Concórdia, no curso superior de Engenharia de Alimentos e no curso Técnico em Alimentos. Possui experiência na indústria de alimentos, tendo atuado como engenheiro nas áreas de gestão de pessoas, processos industriais e pesquisa e desenvolvimento de novos produtos.

ELIANA MARIA DE MIRA DO COUTO

Possui técnico em Alimentos e graduação em Engenharia de Alimentos pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Campus Inconfidentes. Com experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em cafés certificados, atualmente cursa Inspeção da Qualidade no mesmo Instituto Federal e trabalha com a certificação de cafés.

AUTORES

ÉRICA ALMEIDA DE VASCONCELLOS

Acadêmica de Engenharia de Alimentos na Universidade Federal do Pampa.

FÁBIO JOSÉ RABELO RODRIGUES ROSA

Faculdade de Nutrição, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil

FABRÍCIA SANTOS ANDRADE

Graduada em Química Industrial pela Universidade Estadual da Paraíba (2020), exerceu função no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica na área de Ciências Agrárias e Tecnologia dos Alimentos. no período de 2016 à 2020, atuando na área de processamento e reaproveitamento de resíduos agrícolas com experiência nas áreas de desidratação osmótica, secagem pelo método de estufa, elaboração de polpa em pó por camada de espuma e armazenamento de alimentos. Atualmente e Mestranda do Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Campina Grande na área de Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas

FERNANDA HART WEBER

Possui graduação em Química Industrial de Alimentos pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (1998), mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial pela Universidade Federal de Pelotas (2001) e doutorado em Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas (2005). Atualmente é professora adjunta da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. Tem experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em Tecnologia de Grãos e Cereais, atuando principalmente em Ciência e Tecnologia de amidos

FLAVIA JAQUELINE KITCKY DE DEUS

Egressa do curso de Engenharia de Alimentos da UNICENTRO, atualmente trabalhando na iniciativa privada.

FLÁVIA LUIZA ARAÚJO TAVARES DA SILVA

Mestranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos no Programa de Pós Graduação Ciência e Tecnologia de Alimentos - PROCTA da Universidade Federal de Sergipe, Especialista em Engenharia de Produção pela UniBF, Engenheira de Alimentos pela Universidade Federal de Sergipe.

GRACIELA SALETE CENTENARO

Graduada em Engenharia de Alimentos, Mestre e Doutora em Engenharia e Ciência de Alimentos pela FURG. Atualmente é Professora Associada da Universidade Federal do Pampa. Tem experiência na área de tecnologia de pescado, hidrólise enzimática, proteínas, compostos bioativos e atividade antioxidante, aproveitamento de subprodutos da indústria de alimentos, processamento e qualidade de lácteos e, cromatografia em fase gasosa e espectrometria de massas.

GRAZIELLE LOUISE RIBEIRO DE OLIVEIRA

Mestre em Nutrição pelo Programa de Pós-graduação em Nutrição da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2020). Possui especialização em Gestão Estratégica de Pessoas pela UFRN (2015), e graduação em Nutrição pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2013). Experiência profissional como docente na área de Gestão em alimentação coletiva, consultoria em Restaurantes na área de Gestão da Qualidade e Certificação ABNT em Gestão da qualidade e de produção em Restaurante Comercial, e gestão de perecíveis no varejo de alimentos.

AUTORES

IGOR PEREIRA DE MELO DOS SANTOS

Faculdade de Nutrição, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil

INAYARA RIBEIRO DA SILVA

Acadêmica de Engenharia de Alimentos na Universidade Federal do Pampa. Diretora de finanças da Empresa Júnior da Engenharia de Alimentos de Consultoria e Planejamento, Brasil

ISABELA LEYANA LAMEIRA ROLIM

Graduanda em Nutrição pela Universidade Federal do Pará (UFPA)

JOÃO ANTÔNIO BELMINO DOS SANTOS

Possui Graduação em Química Industrial pela Universidade Estadual da Paraíba (1997), Mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande (2000) e Doutorado em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Campina Grande (2007). Atualmente é professor/ Pesquisador da Universidade Federal de Sergipe ? Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA/UFS), e docente permanente do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciência da Propriedade Intelectual (PPGPI - Mestrado e Doutorado). Tem experiência na transferência de tecnologia e inovação para o setor produtivo desenvolvendo projetos de extensão tecnológica. Atua nas áreas de Engenharia de Alimentos, Propriedade Intelectual, Indicadores e Inovação.

JOSÉ RANIERE MAZILE VIDAL BEZERRA

Possui graduação em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal do Ceará (1994), Mestrado em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP (1997) e Doutorado em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP (2000). Foi Vice-Chefe do Departamento de Engenharia de Alimentos/UNICENTRO (2001 - 2005), Diretor do Setor de Ciências Exatas e de Tecnologia - SEET/UNICENTRO (01/2007-03/2010) e Vice-Diretor do Campus/CEDETEG/UNICENTRO (03/2010-02/2012). É Professor Associado "C" do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO). Tem experiência nas áreas de Ciência e Tecnologia de Alimentos e Engenharia de Alimentos, com ênfase em Instalações Industriais de Produção de Alimentos, atuando principalmente nos seguintes temas: medidas físicas, polpa, secagem, reologia, frutas, comportamento reológico e elaboração de novos produtos.

JOSILANA RODRIGUES PANTOJA

Faculdade de Nutrição, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil

JULIANA TATIAIA DE MORAIS DIAS

Graduanda em Engenharia de alimentos pela Universidade Federal de Campina Grande, com área de interesse voltada a secagem e desenvolvimento de novos produtos.

KASSANDRA FONTOURA DA SILVA

Graduada em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA). Fez parte do Grupo de Pesquisa em Alimentos de Origem Animal, atuando nas linhas de pesquisa de Avaliação e Controle de Qualidade de Alimentos e Ciência e Tecnologia de Carne e Produtos Derivados.

AUTORES

KLIVIA MARTINS CAMPOS

Graduanda em Nutrição pela Universidade Federal do Pará (UFPA)

LETÍCIA FLÁVIA DE OLIVEIRA BORGES

Faculdade de Nutrição, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil

MARCELLI POWZUM AMORIM

Graduação em Engenharia de Alimentos pelo Instituto Federal do Rio Grande do Sul - Campus Erechim.

MARIA ADÉLIA RODRIGUES SÁ DE OLIVEIRA

Graduada em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de Sergipe

MARIA VICTÓRIA SENA DE ALMEIDA PEREIRA

Graduanda em Nutrição pela Universidade Federal do Pará (UFPA)

MATHEUS YURI DE OLIVEIRA ROSA

Graduado em Tecnologia de Alimentos (UEPA), cursando Especialização em Segurança Alimentar e Agroecologia (UERGS), Mestrando em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA/UFPA).

MAURÍCIO RIGO

Possui graduação em Engenharia de Alimentos e Licenciatura em Matemática, mestrado e doutorado em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas. Atua nas seguintes linhas de pesquisa: reologia, tecnologia de alimentos, desenvolvimento de novos produtos e biotecnologia. Desde 2003 é professor do Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO.

MICHELE CRISTIANE MESOMO BOMBARDELLI

Possui graduação em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Maringá (2004), mestrado em Engenharia de Alimentos pela Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (2007) , doutorado em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal do Paraná (2013) e pós doutorado pela Unioeste (2016). Atualmente é professor adjunto C da Universidade Estadual do Centro-Oeste. Tem experiência na área de Engenharia de Alimentos, atuando principalmente nos seguintes temas: Processos de Separação, Compostos Bioativos, Extratos Naturais, óleos essenciais, processos de extração supercrítica e produtos naturais.

NAIARA MENEZES BEZERRA

Tecnóloga em Alimentos – Instituto Federal da Paraíba – Campus Sousa. Especialização em Ciência e Tecnologia dos Alimentos – Instituto Federal do Rio Grande do Norte – Campus Currais Novos

NEUSA FÁTIMA SEIBEL

Docente do Programa de Pós-Graduação Multicampi em Tecnologia de Alimentos - campus Francisco Beltrão / campus Londrina (PPGTAL) e do Departamento de Alimentos (DAALM) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Londrina

AUTORES

ORQUÍDEA VASCONCELOS DOS SANTOS

Faculdade de Nutrição, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil. Pós-graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil

OSWALDO KAMEYAMA

Possui graduação em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa (2005) e mestrado em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas (2007). Atualmente é Professor e Coordenador de Engenharia de Alimentos no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - Campus Inconfidentes.

PAHLEVI AUGUSTO DE SOUZA

Possui graduação em Engenharia Agronômica pela Escola Superior de Agricultura de Mossoró, ESAM (1998), mestrado em Agronomia/Fitotecnia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA (2002) e doutorado em Fitotecnia (Produção Vegetal) pela Universidade Federal de Viçosa, UFV (2006). Foi bolsista Pós-doutor no programa PRODOC (2006 - 2007) e PNPD (2008). Tem experiência na área de Fisiologia Pós-Colheita e Tecnologia de Frutas e Hortaliças, atuando principalmente nos seguintes temas: Pós-colheita, armazenamento, qualidade, processamento de frutas e hortaliças e embalagem. Atualmente é Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN).

PÂMELA NASCIMENTO KNAUL

Graduanda em Nutrição pela Universidade Federal do Pará (UFPA)

PATRÍCIA BELTRÃO LESSA CONSTANT

Possui graduação em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal da Paraíba (1996), mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa (1999) e doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa (2003). Foi professora efetiva da Universidade Federal do Ceará por 5 anos. Atualmente é professora associada da Universidade Federal de Sergipe. Tem experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em Ciência de Alimentos, atuando principalmente nos seguintes temas:corantes naturais, microencapsulação e alimentos funcionais

RAMIRO PEREIRA BISOGNIN

Graduação em Engenharia Ambiental (2008), Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho (2012), Mestrado em Tecnologia Ambiental (2012) pela Universidade de Santa Cruz do Sul e Doutorado em Engenharia Civil - Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria (2018). Atualmente é professor adjunto na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Unidade Três Passos

RAQUEL COLDIBELLI RIBEIRO

Possui técnico em Qualidade pelo IFSULDEMINAS - campus São João da Boa Vista (2022), graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Paulista (2020), e graduação em Engenharia de Alimentos pelo IFSULDEMINAS - campus Inconfidentes (2022). É pós-graduada em Engenharia da Qualidade e em Ecologia e Biodiversidade pela Universidade Única de Ipatinga (2021) e cursa mestrado em Ciência de Alimentos na Universidade Federal do Rio de Janeiro. Desenvolve pesquisas na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em processamento de alimentos e tecnologias aplicadas em cafés.

AUTORES

ROGER WAGNER

Professor vinculado ao Depto. de Tecnologia e Ciência dos Alimentos da UFSM e bolsista produtividade em pesquisa (PQ-2). Possui graduação em Farmácia – UFSM, doutorado em Ciência de Alimentos - UNICAMP e pós-doutorado - UFSM. Atua no PPGCTA-UFSM orientando alunos nos temas aroma e sabor dos alimentos, compostos voláteis, GC/MS, técnicas de preparo de amostra e análise de precursores de aroma, caracterização metabólica de frutos e microrganismos.

SAMANTA DE PAULA DE ALMEIDA DUARTE

Faculdade de Nutrição, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil. Pós-graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil

SUZANE BEVILACQUA MARCUZZO

Phd em Geografia, Dra em Engenharia Florestal, Professora no curso de gestão ambiental da UFSM, coordenadora do Núcleo de Estudos em Áreas Protegidas (NEAP), pesquisa temas na área de conservação da natureza com ênfase em unidades de conservação e estratégias de valorização da floresta em pé.

TAÍS LETÍCIA DE OLIVEIRA SANTOS

Tecnóloga em Gastronomia, especialista em Segurança Alimentar, graduanda em Tecnologia em Alimentos e pós-graduanda em Tradução e em Vigilância Sanitária

TAIS POHLMANN

Graduação em Engenharia de Alimentos pelo Instituto Federal Catarinense - Campus Concórdia.

TALISON BRUNO LIMA DOS SANTOS

Faculdade de Nutrição, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil

TAMARA KARAM DA SILVA

Egressa do curso de Engenharia de Alimentos da UNICENTRO, atualmente trabalhando na iniciativa privada.

THAIS JACIANE ARAUJO RODRIGUES

Graduação no curso de Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Mestrado (concluído) e Doutorado (em andamento) Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) na área de Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas. Pós-graduação (concluído) em Engenharia de Segurança do Trabalho na Faculdade Integrada de Patos (FIP). Desenvolve atividades e possui experiência na área de tecnologia, processamento e análise de alimentos, além de atuar nas áreas de Química de Biomassa e de Meio Ambiente, com ênfase em tratamento de água e efluentes

ULIANA KARINA LOPES DE MEDEIROS

Docente e Pesquisadora do Curso de Especialização em Ciência e Tecnologia de Alimentos – Instituto Federal do Rio Grande do Norte – Campus Currais Novos

VALCENIR JÚNIOR MENDES FURLAN

Graduado em Engenharia de Alimentos, Especialista em Ciência dos Alimentos, Mestre e Doutor em Engenharia e Ciência de Alimentos pela FURG. Atualmente é Professor Associado da

AUTORES

Universidade Federal do Pampa. Tem experiência na área de Biotecnologia Microalgal e atua na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos com ênfase em Análise de Alimentos e cromatografia em fase gasosa e espectrometria de massas.

VALÉRIA TERRA CREXI

Engenheira de Alimentos pela Fundação Universidade Federal do Rio Grande (2002), mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos pela Fundação Universidade Federal do Rio Grande (2005) e doutora em Engenharia e Ciência de Alimentos pela Universidade Federal do Rio Grande (2010). Atualmente é Professora Associada III na Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) no curso de Engenharia de Alimentos, no qual foi coordenadora de curso entre 2013 e 2015. Líder do grupo de pesquisa em Óleos e Gorduras (UNIPAMPA) tem experiência nas áreas de Análise de Alimentos, Química de Alimentos, Tecnologia de Alimentos e Óleos e Gorduras

VALESCA KOTOVICZ

Possui graduação em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2007), mestrado em Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal do Paraná (2011) e doutorado em Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal do Paraná (2014). Atualmente é professora efetiva da Universidade Estadual do Centro-Oeste. Tem experiência na área de Engenharia, Ciência e Tecnologia de Alimentos, atuando principalmente nos seguintes temas: amidos modificados, desidratação osmótica, secagem, processos de extração sólido-líquido, análise de alimentos, atividade biológica de extratos e rotulagem de alimentos.

VANESSA BIASI

Graduação em Química Industrial de Alimentos pela Universidade do Contestado - UnC, Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Santa Maria - UFSM e Doutoranda em Ciência de Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Atualmente é Professora do Instituto Federal Catarinense - Campus Concórdia, no curso superior de Engenharia de Alimentos e no curso Técnico em Alimentos. Possui experiência na indústria de alimentos, tendo atuado no controle de qualidade e em análises bromatológicas e microbiológicas.

VANESSA PIRES DA ROSA

Possui graduação em Química de Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas (2001) e mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade de São Paulo (2004) e Doutorado em Tecnologia de Alimentos pela Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas (2009). Atualmente é professora adjunto da Universidade Federal de Santa Maria, atuando na área de microbiologia para os cursos de Farmácia e Alimentos. Tem experiência na área de Microbiologia e Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em Avaliação e Controle de Qualidade de Alimentos.

VICTORIA ALVAREZ MATHEUS

Acadêmica do curso de Engenharia de Alimentos na Universidade Federal do Pampa. Atua como secretária executiva na CONPLEA (Consultoria e planejamento da Engenharia de Alimentos). Participa do Núcleo de Inclusão e Acessibilidade (NInA) como bolsista.

VITORIA RIBEIRO DE OLIVEIRA

Acadêmica de Engenharia de Alimentos na Universidade Federal do Pampa.

YARA CHAYEN ALMEIDA DO NASCIMENTO

Discente com Graduação em andamento em Engenharia de Alimentos, pela Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO, Brasil.

AUTORES

YASMIN SILVA LEMOS

Faculdade de Nutrição, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br

@editorapoisson

https://www.facebook.com/editorapoisson